

506.437

C423

2

8511
6.92

ACADÉMIE DES SCIENCES
DE L'EMPEREUR FRANÇOIS JOSEPH I.

(ČESKÁ AKADEMIE CÍSAŘE FRANTIŠKA JOSEFA I.)

ved. aumeni, Prague

9972

BULLETIN INTERNATIONAL.

RÉSUMÉS DES TRAVAUX PRÉSENTÉS.

CANCELLED

CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES, NATURELLES ET DE LA MÉDECINE.

X^e ANNÉE.

(1905.)

II.



PRAGUE.

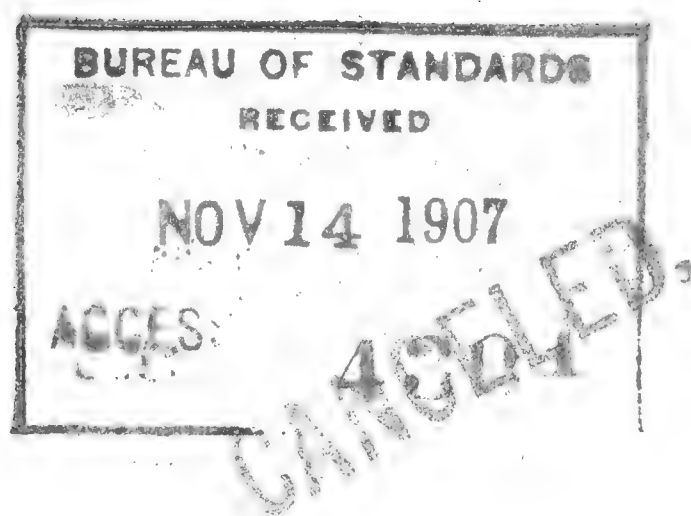
PUBLIÉ PAR L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'EMPEREUR FRANÇOIS JOSEPH I.

1905.

By Transfer
Bureau of Standards
JAN 25 1932

TISKEM ALOISA WIESNERA V PRAZE,
KNIHTISKAŘE ČESKÉ AKADEMIE CÍSAŘE FRANTIŠKA JOSEFA
PRO VĚDY, SLOVESNOST A UMĚNÍ.

506.437
C423



SOMMAIRE.

	Pag.
J. V. <i>Želízko</i> : Problematische Versteinerungen der Bande $D-d1\gamma$ des Untersilurs von Böhmen	1
J. <i>Velenovský</i> : Über die Keimpflanzen der Pirolaceen	6
Dr. Stan. <i>Růžička</i> : Studien zur relativen Photometrie. (II. Teil) . . .	13
Dr. techn. Zdeněk <i>Bažant</i> : Statisch bestimmte durchgehende Fachwerksträger	19
Dr. Gottlieb <i>Kučera</i> : Über die Ionisation, welche in verschiedenen Gasen durch die Sekundärstrahlung der β - und γ -Strahlen des Radiums hervorgerufen wird	42
J. <i>Žanošik</i> : Das Verhältnis des Meta- und Mesonephros	60
Dr. O. <i>Laxa</i> : Influence de l'acide lactique sur la caséine	69
MUDr. O. V. <i>Srdínko</i> : Circulation du sang dans les capsules surrénales des Vertébrés	71

Problematische Versteinerungen der Bande $D-d_{1\gamma}$ des Untersilurs von Böhmen.

Von

J. V. Želízko.

(Mit II. Tafeln und 4 Textabbildungen.)

Vorgelegt am 23. Juni 1905.

Als ich vor einiger Zeit vom Herrn Prof. J. J. Jahn in Brünn eine größere Menge von silurischem Materiale aus den dunkelgrauen Osek-Kváně Schiefern der Bande $D-d_{1\gamma}$ aus dem neuen Fundorte bei Lhotka (NNO von Beroun) zur Bearbeitung erhielt, war mir die außerordentlich große Anzahl sonderbarer, in erwähnten Schiefern vorkommender Konkretionen aufgefallen.

In meiner letzten Arbeit über die Fauna der Bande $D-d_{1\gamma}$ ¹⁾ streifte ich diese merkwürdige Erscheinung und versprach über dieselbe später ausführlich zu berichten.

Wie bekannt, schreibt über das Vorkommen dieser Konkretionen auch Dr. Perner, welcher gleichfalls den Fundort besuchte und in der Zeitschrift »Vesmír« eine Notiz darüber veröffentlichte.²⁾

Die Konkretionen von Lhotka sind zum Teile walzen- bzw. knebelförmig, oder sie gleichen zerdrückten Stengeln und verdrehten Würmern, in der Breite bis 2.5 *cm*, stellenweise über 18 *cm* in der Länge.

Letztere sind meistens sehr stark verzweigt, und in verschiedener Breite zusammengepreßt (Taf. II., Fig. 1., 5.). Die walzenförmigen Konkretionen sind um etwas kürzer als die vorerwähnten (ca. 15 *cm*), sind auch von regelmäßiger Form, im Durchmesser von 3 bis 10 *mm* (Taf. I., Fig. 8., Taf. II. Fig. 4.). Stücke von größerem Durchmesser (von 8 bis 10 *mm*) sind in der Regel mit kleinen Gängen versehen (Taf. I., Fig. 2.). Gleichfalls weisen die kürzeren knebelförmigen Konkretionen in der Mitte

¹⁾ Ueber das neue Vorkommen einer untersilurischen Fauna von Lhoka (Mittelböhmen). (Verhandlungen d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1903. No 3.)

²⁾ Nové naleziště zkamenělin z pásma $D-d_{1\gamma}$. (Jg. XXXII. S. 81. Prag 1903.)

ähnliche Gänge auf. Diese Konkretionen, welche an den Seiten teils zugespitzt, teils abgerundet sind (Taf. I., Fig. 3., 4., 5., 9., Taf. II., Fig. 2., 3), kommen im Schiefer schon in der Länge von 3 *cm* vor.

Sämtliche angeführten Konkretionen zeichnen sich durch eine glatte Oberfläche aus, sind scharf abgegrenzt und lassen sich aus dem Gesteine leicht auslösen, indem sie in demselben ihren negativen Abdruck zurücklassen. Sie sind von dunklerer Farbe als der Schiefer, in welchem sie vorkommen.

Wie ich auf Grund des mir zur Verfügung gestellten Materials konstatieren konnte, lagen alle Konkretionen parallel mit der Schichtung des Schiefers.

Interessant und auffallend ist der Umstand, daß Konkretionen von solcher Form und in solcher Menge bisher in keinem Fundorte des Untersilurs gefunden wurden, wie gerade bei Lhotka. Daß sich hier um keine zufällige Erscheinung handelt, ist auf den ersten Blick ersichtlich.

Diese merkwürdigen Problematica verdienen näher betrachtet zu werden insofern, als dieselben, was Ursprung und Form anbelangt, grundverschieden sind von jenen, welche Hall, Fuchs, Vlček u. a. beschrieben und abgebildet haben.

Über die Konkretionen von Lhotka kann man im voraus mit Bestimmtheit sagen, daß dieselben organischen Ursprungs sind, wovon der Inhalt der Gänge, die bei einigen Konkretionen die Mitte durchschneiden, uns überzeugt.

Es gelangt mir nämlich bei einem Stücke im Durchmesser von 5 *mm* mittelst Präparation eine 1 *mm* starke Kruste zu entfernen und darunter eine durch die Mitte der ganzen Konkretion führende Höhlung mit poröser, schwammiger Ausfüllung zu finden, die versteinert und zum Teile vom Calcit durchdrungen war, und welche sich sehr leicht auslösen ließ, ohne daß sie irgendwie an den Wänden der Gänge klebte, so daß das Innere der Konkretion wie ein glatter Kanal im Durchmesser von 3 *mm* erschien.

Eine ähnliche schwammige Ausfüllung fand ich auch in Gängen einiger anderer Konkretionen und schließe mit Rücksicht darauf, auf einen organischen Überrest, welcher schon im Schlammwasser allmählich mit einem feinen Mineralstoff belegt worden war, so daß diese schwarzen, glatten, das Objekt umhüllenden Konkretionen auf sekundäre Entwicklung zurückzuführen sind. Wo aber der organische Rest verfault bzw. verkohlt und sich verloren hatte, blieb nur der leere Gang. Bei anderen Konkretionen von kleinerem Durchmesser, hauptsächlich aber bei verzweigten und verdrückten, ging die Ausfüllung vollständig verloren und verschmolz mit dem Mineralstoffe so, daß wir vergeblich irgendwelche Höhlungen suchen würden. Bei einigen Konkretionen geht wiederum durch die Mitte ein so schmaler Kanal, daß man schwer eine Nadel durchziehen könnte. Solcher Kanal zieht sich nicht ununterbrochen durch die Mitte der Konkretion, sondern er fließt stellenweise mit dem Mineralstoffe zusam-

men, um etwas weiter wieder zu erscheinen. Hier beobachtet man klar den Übergang der Ausfüllung bzw. der Höhlung in die Mineralsubstanz.

Es ist mir ferner gelungen, im Querschnitte einer 35 *mm* langen und 17 *mm* breiten Konkretion (Fig. 1) wieder eine 4 *mm* breite Höhlung zu entdecken, deren Ausfüllung in Limonit umgewandelt und rostig gefärbt war.

Konkretionen mit schwammiger Ausfüllung sind nicht nur bei Lhotka zu finden, sondern sie kommen auch sehr häufig bei St. Benigna (Svatá Dobrotivá), in derselben Bande der dunkelgrauen, schwarzen Schiefer *D-d1γ* vor. Das Museum der k. k. geolog. Reichsanstalt besitzt in seinen Sammlungen eine ganze Reihe von diesen Problematica, welche mir auch zur vorliegenden Studie einige Querschnitte geliefert haben.

Die Konkretionen von St. Benigna unterscheiden sich einigermaßen durch ihre Form von jenen von Lhotka. Überwiegend sind Stücke in der Länge von

9 *cm* und der maximalen Breite von 35 *mm* im Durchmesser. Diese Konkretionen sind im Querschnitte von runder oder elliptischer Form, und in der Mitte derselben findet sich ein 8 *mm* breiter Gang (Fig. 2). Dieselben sind auch quer durch Sprünge zergliedert (ähnlich wie wir an dem Materiale von Lhotka beobachten) und erinnern an ober-silurische Orthoceren mit erhaltenem Sipho.

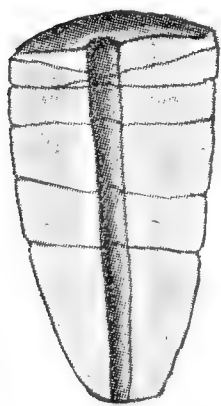


Fig. 1.
($\frac{2}{3}$ natürl. Gr.)

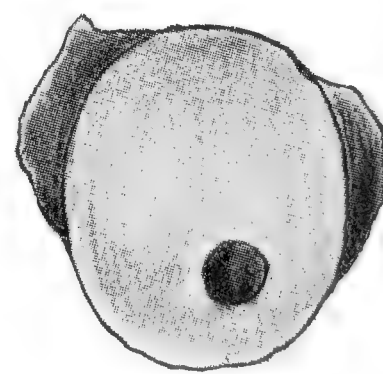
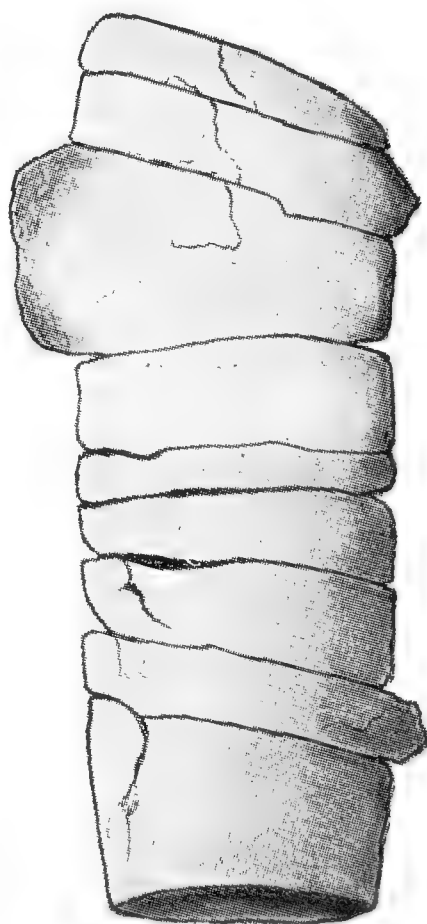


Fig. 2.
($\frac{2}{3}$ natürl. Gr.)

Der Durchschnitt einer solchen Konkretion (Fig. 3.) zeigt in der Mitte einen ca. 6 bis 7 *mm* breiten Gang, der mit schwammiger, poröser, in Limonit verwandelter Masse vollständig ausgefüllt ist. Neben diesem Gange lief rechts noch ein anderer, der aber in der Hälfte der Konkretion seinen Abschluss fand.

Ebenfalls interessant sind auch jene Konkretionen von St. Benigna welche durch ihre eigenartige wanstige Form einigermaßen an die ober-silurischen Phragmoceren erinnern. (Taf. I, Fig. 6 in verkehrter Lage.) Der Querschnitt erscheint wie eine Ellipse, aber von irgendwelchem Gange ist keine Spur vorhanden. Umso besser kann man dagegen im Innern eine graue, ebenfalls elliptische tonartige Ausfüllung konstatieren, die mit der oberen Rinde der Inkrustation zusammenfließt und bei weitem fester und dunkler ist, als die Ausfüllung selbst. Es kann demnach, insofern der Ursprung dieser Konkretionen in Frage kommt, angenommen werden, daß sich um eine ähnliche Erscheinung handelt, wie bei den anderen bereits oben beschriebenen Konkretionen von Lhotka und St. Benigna.

Im Materiale von St. Benigna fand ich außerdem noch eine birnförmige Konkretion in der Länge von 10 *cm* und in größter Breite von 5.5 *cm* (Fig. 4). Der innere Gang bildet eine tiefe, ungleich breite Furche, welche durch die Mitte führt und gleichfalls mit poröser in Limonit verwandelter Substanz ausgefüllt ist. Im Querschnitte dieser Konkretion bemerkt man unregelmäßige Klüfte.

Die Mineralsubstanz der Konkretionen von Lhotka und St. Benigna ist desselben petrographischen Charakters. Nur hat das Material von St. Benigna infolge des Umstandes, daß es durch längere Zeit der Wirkung der Luft ausgesetzt war, im Vergleiche mit den Konkretionen von Lhotka, die schwarz und glatt sind, eine graue, rauhe Oberfläche.

Perner spricht in seiner Arbeit über die Versteinerungen von Lhotka³⁾ auch die Ansicht aus, daß diese Konkretionen organischen Ursprungs seien. Er rechnet dieselben aber nicht zu

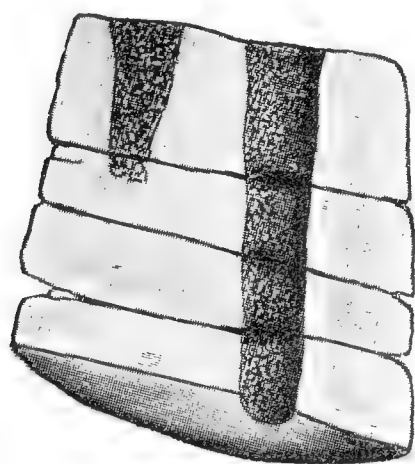


Fig. 3.

($\frac{2}{3}$ natürl. Gr.)

jenen problematischen Erscheinungen, die wie *Bilobites*, *Cruziana* u. a. bloß Spuren von kriechenden Tieren sind. Perner bemerkt auch dazu, daß dieselben große Ähnlichkeit mit Versteinerungen hätten, welche als Algen aus anderen paläozoischen Regionen beschrieben werden und daß ohne

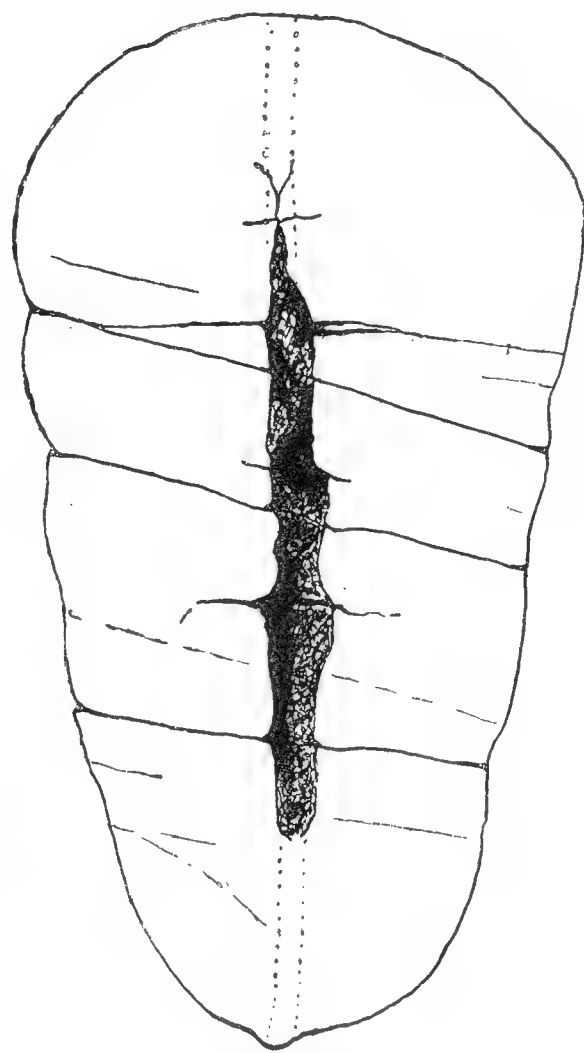


Fig. 4.

($\frac{2}{3}$ natürl. Gr.)

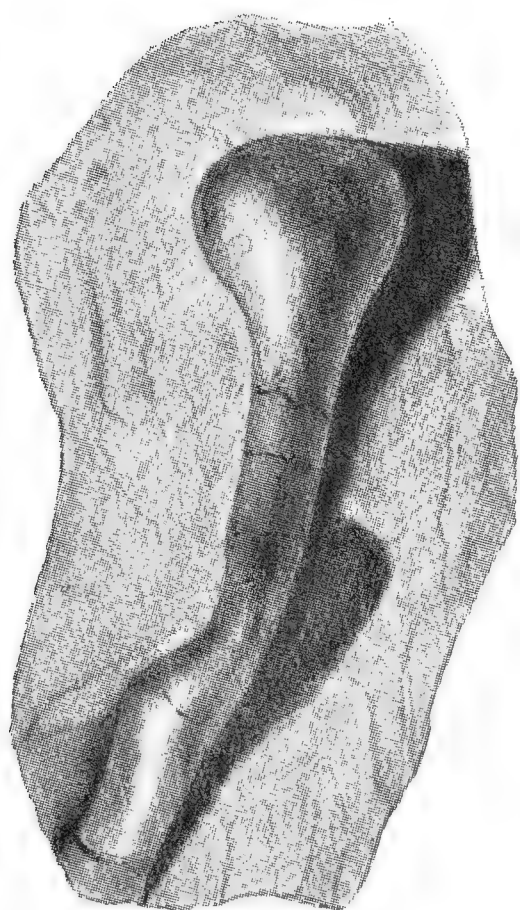
eingehenderes Studium vorderhand nichts Näheres mit Bestimmtheit behauptet werden könne.

Ich neige selbst zu dieser Ansicht, daß sich um irgendwelche Algen handelt, und schließe darauf namentlich aus der in den Gängen der Konkretionen von Lhotka und St. Benigna gefundenen porösen und schwammigen Ausfüllung. Der regelmäßige Kanal erinnert nach Loslösung der Ausfüllung an ähnliche Erscheinung, welche man z. B. an den in Karlsbader Sprudel getauchten Pflanzen wahrnehmen kann. Nach Entfernung der Stengel und Halme umhüllenden Inkrustation tritt gleichfalls ein ähnlicher Gang zum Vorschein.

Auch einige verzweigte Konkretionen von Lhotka scheinen auf pflanzlichen Ursprung zu deuten (Taf. I, Fig. 8, Taf. II, Fig. 1 und 5).

Je nach dem Umstande, wie viel Arme des betreffenden Objektes auseinander liefen, richtet sich auch dessen Inkrustation. Haben die Aus-

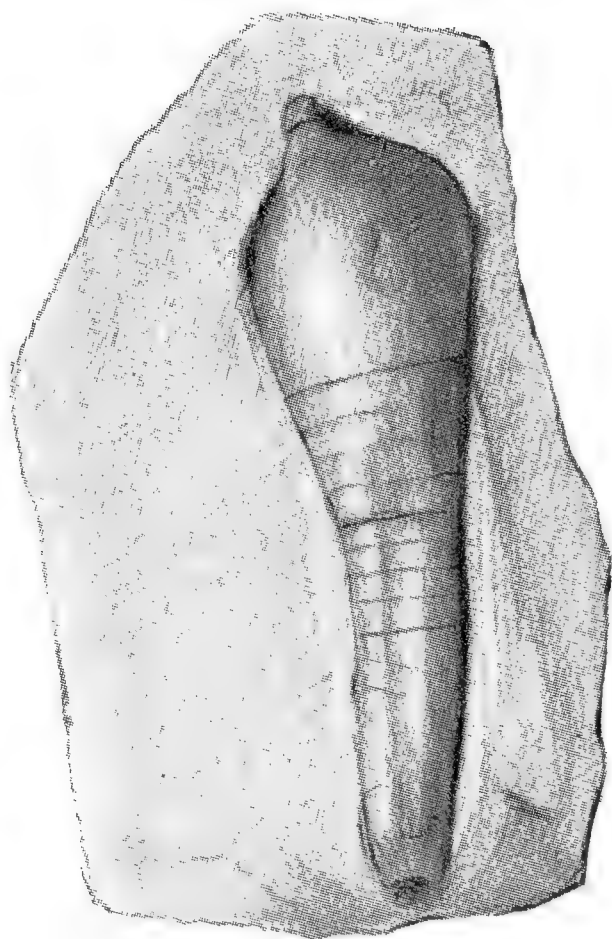
³⁾ Vesmír, Nr. 7. S. 82. Jg. XXXII. 1903.



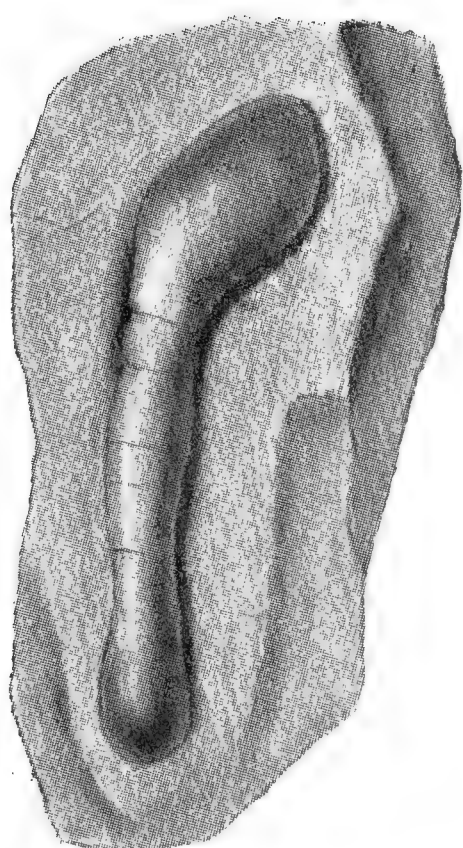
1.



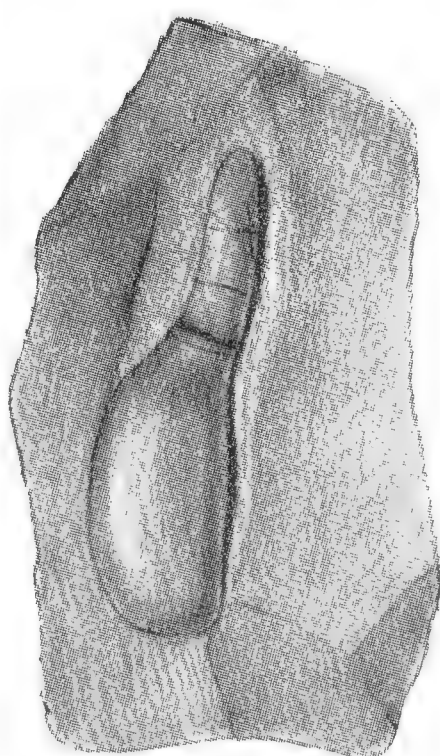
2.



3.



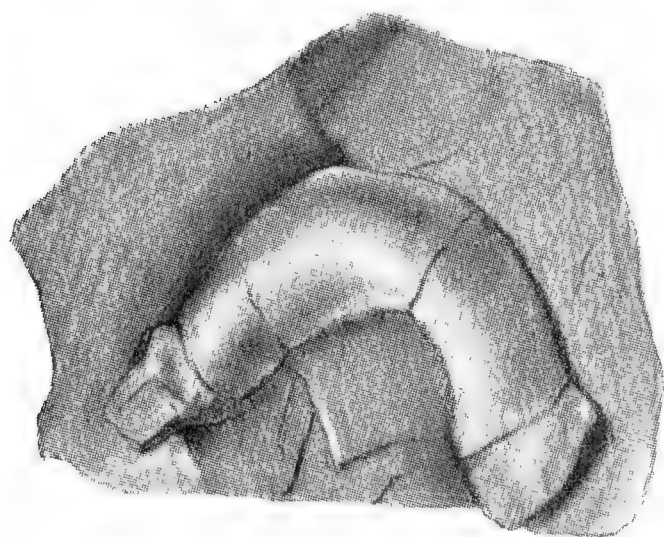
4.



5.



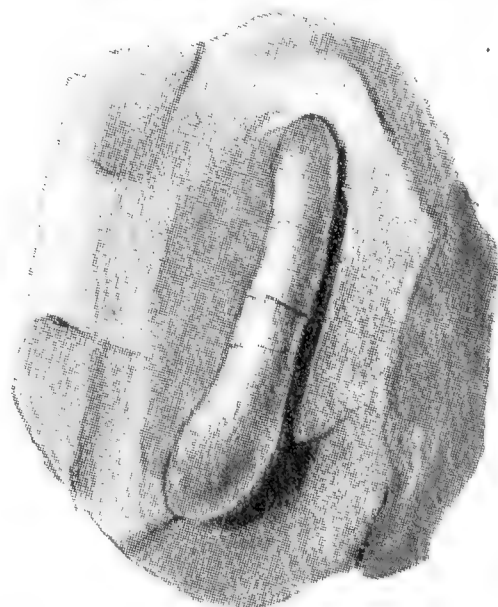
6.



7.

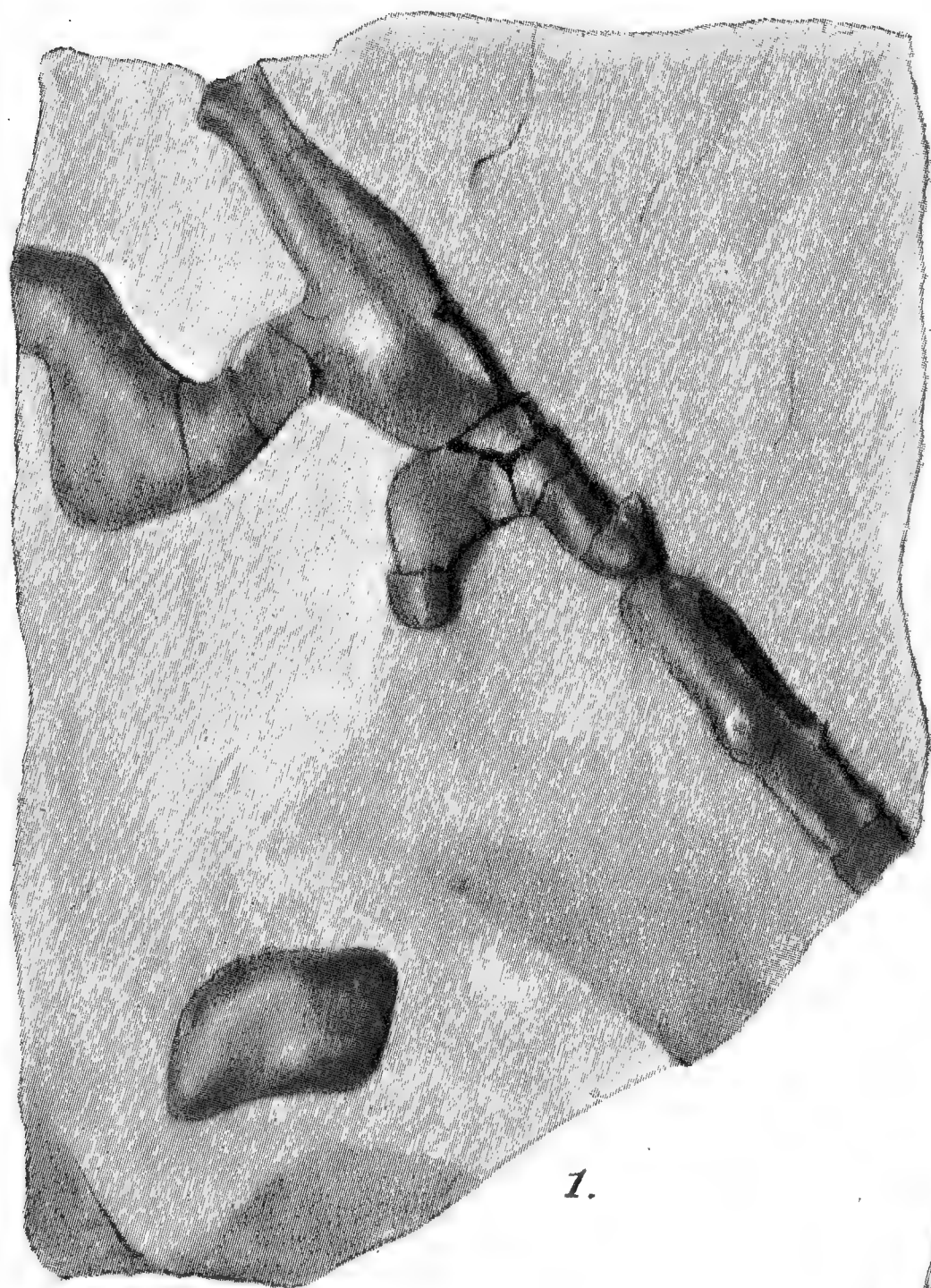


8.

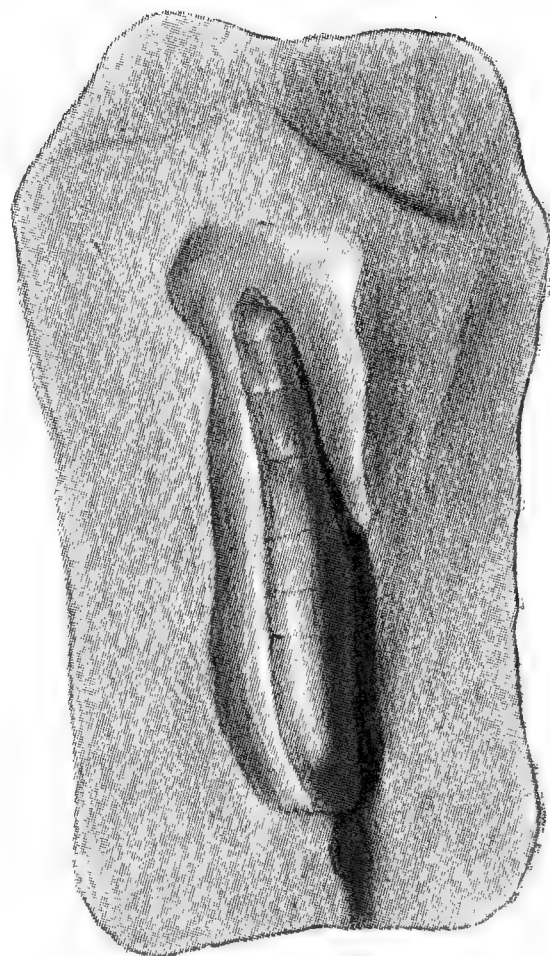


9.

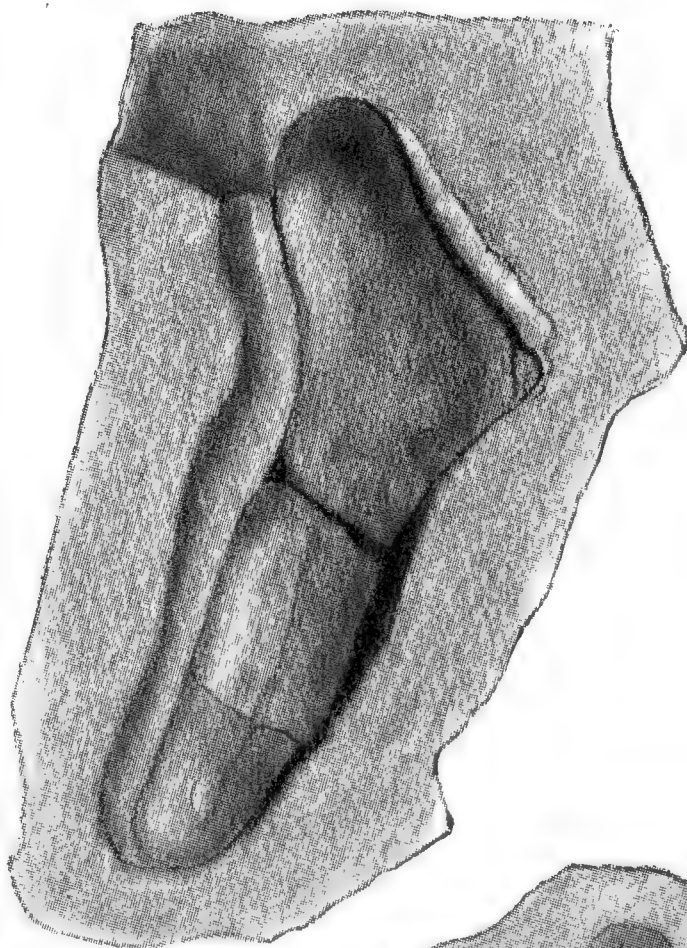
($\frac{1}{2}$ skutečné velikosti.)



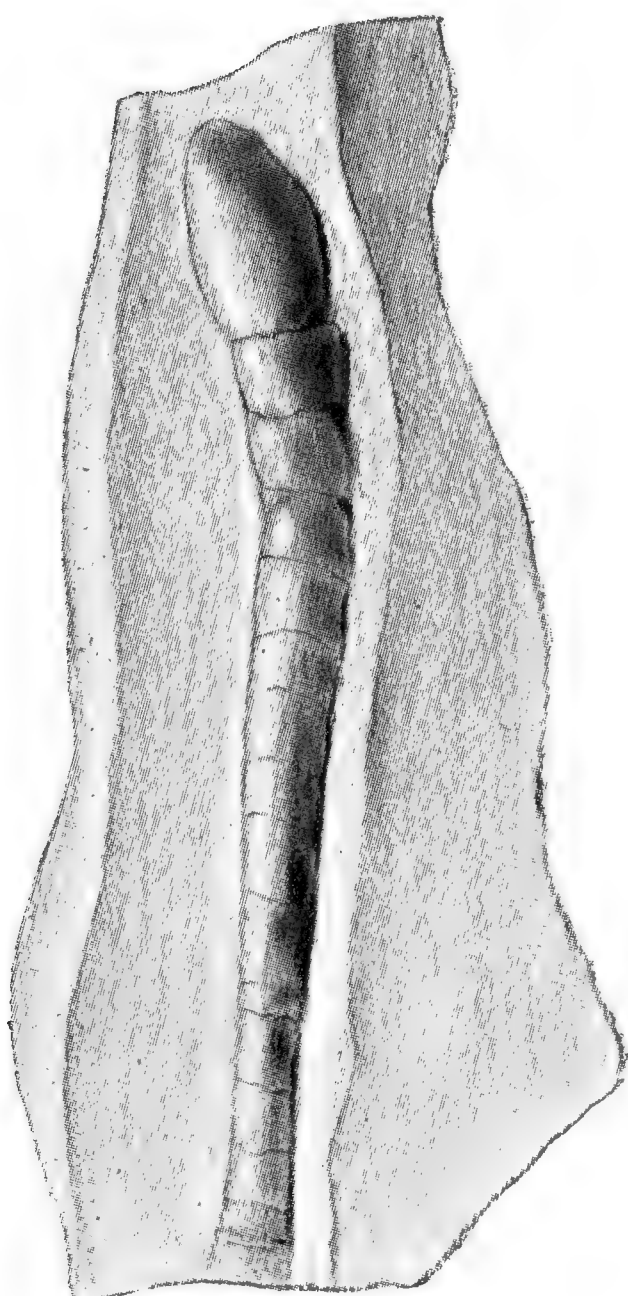
1.



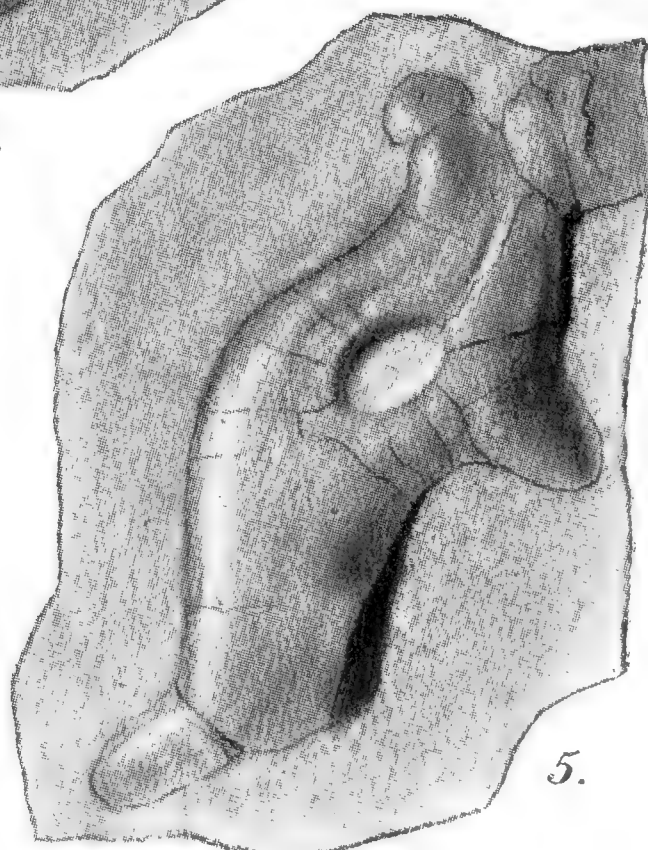
2.



3.



4.



5.

($\frac{1}{2}$ skutečné velikosti.)

läufer einander berührt, oder lagen sie quer übereinander, so entstand dadurch eine unregelmäßige, formlose Konkretion.

Auf organischen Ursprung der Konkretionen von Lhotka schließt auch Herr Dr. E. Bayer, dem ich ein Exemplar zur Untersuchung gesendet habe. Derselbe ist aber, wie der Autor dieser Arbeit, außer stande, ein Urteil abzugeben, ob man mit Überresten von Pflanzen oder Tieren zu tun hätte. Vielleicht wird es einmal doch gelingen, in dem silurischen Materiale positive Beweise für das eine oder für das andere zu finden.

Vorläufig bleibt kein anderer Ausweg übrig, als die Konkretionen von Lhotka und St. Benigna unter die weiteren, bemerkenswerten und interessanten Problematica des böhmischen Silurs einzureihen.

Über die Keimpflanzen der Pirolaceen.

Von

J. Velenovský.

(Mit einer Tafel.)

Vorgelegt am 20. October 1905.

Der Keimungsprozess der unvollkommenen akotylen Samen der *Pirolaceen* ist zur Zeit unbekannt; auch die künstlichen Versuche die Samen dieser Familie zur Keimung zu bringen, führten zu keinem Resultate. Ich selbst habe zahlreiche Versuche auf alle mögliche Art angestellt, ja die Samen auch in ihrer Muttererde in Wäldern ausgesäet, konnte jedoch keine Keimpflanzen erlangen. Hieraus ist zu ersehen, dass die Pirolen auch in der Natur nur höchst selten Keimpflanzen entwickeln, wobei die Bedingungen der Keimfähigkeit der Samen uns unbekannt sind. Dies bestätigt auch der Umstand, dass sämtliche Pirolen sich an ihren Standorten nur durch dünne unterirdische Rhizome vegetativ verbreiten, indem die letzteren meterlang in allen Richtungen hinschweifen und oberirdischen grünen Pflanzen den Ursprung geben. Auf diese Weise ist jede zahlreiche Kolonie von einer Pirola im Walde durch gemeinschaftliche Rhizome verbunden.

Die Gattung *Monesis* hat zwar keine Rhizome, besitzt aber faden dünne, wurzelartige Ausläufer, welche der Pflanze denselben Dienst leisten, wie die Rhizome der übrigen Pirolen. Ähnlich verhält sich auch die Gattung *Monotropa*.

Im Jahre 1892 (Ber. der böhm. Akademie) habe ich in einer Abhandlung darauf hingewiesen, dass die Entwicklung der oberirdischen blatttragenden Achsen aus den unterirdischen wurzelartigen Fäden bei *Monesis grandiflora* bedeutend von der Entwicklung anderer Pirolen aus den Rhizomen abweicht und dass man hier bei *Monesis* in den schuppenlosen Fäden weder eine echte Wurzel noch ein Rhizom erblicken kann, weshalb dieselben vielmehr ein neues morphologisches Gebilde darstellen, welches an ähnliche Gebilde bei der *Balanophoraceen*, *Hydnoraceen* und

Orobanchen erinnert und welches ich mit dem Namen »*Prokaulom*« bezeichnet habe.

Die wichtigsten Momente der oben zitierten Abhandlung sind etwa folgende:

1. Die *Monesis* vermehrt sich nur vermittels fadendünner, schuppenloser, reichlich verzweigter, weisslicher Ausläufer, aus welchen oberirdische, blattragende und blühende Achsen endogen hervortreten.

2. Eine *Monesis*, deren Stengel in eine Hauptwurzel übergehen würde, ist unbekannt. Alle Pflanzen dieser Art entwickeln sich nur endogen aus dem Prokaulome.

3. An abgelegenen Stellen, wo keine Blattpflanzen vorkamen, fand ich ebenfalls fadendünne Prokaulome, welche unter der Erde selbständig vegetierten und in keinem Zusammenhange mit den Blattpflanzen waren.

4. Die Seitenzweige auf dem Prokaulome entstehen endogen.

5. Die Blattpflanzen kommen regelmässig zum Vorschein unter einer Prokaulomsverzweigung.

6. Aus allen diesen Umständen ist es daher sehr wahrscheinlich, dass das Prokaulom der *Monesis* als vorläufiges, vegetatives Stadium aus dem Samen hervorkeimt und im Waldhumus selbständig saprophytisch lebt, um dem zweiten Stadium, den Blattpflanzen, Ursprung zu geben.

In den letzten Ferien widmete ich meine Aufmerksamkeit wiederholt dem Leben der Pirolen, welche in den Wäldern meines Wohnsitzes an überaus reichlichen Standorten in allen böhmischen Arten vorkommen. Ich habe wiederholt auch die *Monesis* untersucht, wobei ich die oben angeführten Fakta abermals bestätigen konnte. Ausserdem ergänzte ich die letzteren durch einige wichtige Beobachtungen. Die Prokaulome sind ähnlich einer Wurzel gebaut; sie enthalten einen Centralgefässtrang und an allen Zweigenden eine echte Wurzelhaube. Die Wurzelhaare aber fehlen durchweg, so dass das Prokaulom durch die ganze Oberfläche aus dem Humus die Lösungen aufnimmt. Die Prokaulomfäden durchflechten die Humuserde in so grosser Menge, dass sie ein ganzes, unendlich dichtes, in allen Richtungen verwebtes Geflecht darstellen. Die endogen hervorwachsende Pflanze trägt gewöhnlich zwei gegenständige aber ungleiche Blätter und zwischen diesen eine Endknospe. Selten gehen einige kleine, abwechselnde Schuppen voraus. Die Blattstengel verzweigen sich niemals und ebenso treiben sie keine Rhizome und keine Adventivwurzeln. Die Blattachseln sowie die Schuppenachseln zeigen nicht einmal einen Höcker von einer Achselknospe, so dass sie sich als vollkommen knospenlos darstellen.

Diese Umstände bestätigen noch mehr die obige Voraussetzung, derzufolge aus dem Samen einer *Monesis* das beschriebene Prokaulom sich entwickeln muss und dass dasselbe erst später endogen die Blattpflanzen hervorbringt. Es hat zwar die Form und Zusammensetzung einer Wurzel, diese Adaptation lässt sich aber leicht durch sein saprophytisches Humus-

leben erklären. Die Prokaulome der *Hydnoraceen* sind ebenfalls weder Wurzeln noch Rhizome und entwickeln ähnliche Gefätsstränge wie die *Monesis*. Wenn eine Wurzel die Wurzelhaube verlieren und sich in eine Knospe umwandeln kann (*Neottia*) oder wenn die Rhizome von *Coralliorhiza* und *Psilotum* oder *Hymenophyllum* die Merkmale und Funktion echter Wurzeln annehmen können, so muss es uns nicht befremden, wenn ein selbständiges Gebilde, welches ein Prokaulom der *Monesis* darstellt, sich ähnlich einer Wurzel ausgestaltet.

Als Anhang zu den erwähnten Beobachtungen wäre noch ein Fall zu erwähnen, wo ich zufällig eine abgebrochene Blattpflanze von *Monesis* gefunden habe, welche aus der Bruchstelle einen Prokaulomfaden trieb. Dann die sonderbare Erscheinung, dass die im Hochsommer angelegten Gipfelknospen zwischen den grossen zwei Blättern schon eine vollkommen entwickelte, in Schuppen gehüllte Blüte für das folgende Jahr enthalten.

Ich widmete also auch anderen Arten der Pirolen in der Umgebung von Ondřejov volle Aufmerksamkeit und da kann ich mit Vergnügen berichten, dass es mir diesmal unerwartet gelungen ist, bei der gemeinen *Pirola secunda* zahlreiche Keimpflanzen und aufgekeimte Prokaulome zu finden, so dass die Keimungsweise der Pirolaceen hiemit definitiv erklärt ist.

In einem Hohlwege in den Wäldern bei Ondřejov bedeckte die *Pirola secunda* in grosser Menge ganze Flächen und trug auch zahlreiche Fruchtstände (im August). Die vertrockneten Überreste bezeugten, dass sie auch im vorigen Jahr reichliche Früchte entwickelt hatte. Sofort untersuchte ich diesen Standort, um nach den Keimpflanzen zu spüren. Bald fand ich ganz kleine, junge Pflänzchen (Fig. IVa—c), welche durch ihre Zartheit gleich von den übrigen, wenn auch sterilen Individuen, die aus den weitschweifenden Rhizomen hervorkamen, sich unterschieden. Einige von diesen Pflänzchen besaßen nach wenigen vorangehenden weissen Bracteen (Fig. IVa, š) 2—3 grüne Blätter, andere nach den zwei Blättern weitere Bracteen und wieder 2—3 endständige Blätter, so dass es klar ist, dass sie 1—2jährig waren.

Die Pflänzchen endeten im Humus durchweg mit einer dünnen, langen Hauptwurzel (*k*), welche sich noch seitlich endogen verästelte (*v*). Bei stärkeren Exemplaren trat schon aus der Bracteenachsel der erste Ausläufer (*b*) und ober demselben eine Adventivwurzel (*k'*). Die Hauptwurzel war immer vom Stengel scharf abgegliedert, was schon Irmisch im Jahre 1855 (Flora) hervorhob, nachdem er auch einmal eine ähnliche Keimpflanze entdeckt hatte.

Diese Gliederung war mir und ebenso auch Irmisch nicht verständlich. Die Sache wurde mir noch mehr unklar, als ich ein Individuum vorfand (Fig. VIc), auf welchem der Stengel unter dem Wurzelscheitel abgegliedert war, obzwar der Wurzelscheitel nicht abgebrochen, sondern durch ein gleiches Gewebe, wie die übrige Oberfläche der Wurzel abge-

rundet erschien. Ich zweifelte schon nicht, dass ich echte Keimpflanzen von *Pirola secunda* in Händen hatte, obwohl ich ihre Entstehung aus dem Samen nicht verstehen konnte. Es konnten keine Adventivpflanzen aus den Wurzeln der Rhizome sein, weil die Wurzel an allen Wurzelästen durch Wurzelhauben abgeschlossen war und ausserdem war die Wurzel im Verhältnisse zu den Adventivwurzeln auf den Rhizomen sehr dünn und jugendlich (ihr Verhältniss ist in Fig. V veranschaulicht).

Es kommt nämlich in Wäldern nicht selten vor, dass die Wurzeln auf den Rhizomen gewaltsam abgerissen werden, welche dann, regelmässig an beliebigen Stellen endogen neue Adventivpflanzen treiben. Solche Pflanzen sind aber viel grösser und stattlicher und die Wurzel, aus der sie hervorgehen, ist viel dicker und dunkler. Es ist endlich immer leicht die Stelle zu finden, wo die Wurzel abgerissen war. Solche Adventivpflanzen von *P. secunda* sind ebenfalls schon von Irmisch beschrieben worden.

Ich besuchte nach einigen Tagen wiederum den Standort am Waldwege und wälzte zufällig einen grösseren flachen Stein weg, unter welchem ich am Rande etwa 10 ganz winzige, blasse, noch nicht beblätterte Pflänzchen erblickte, welche ebenfalls der *P. secunda* angehörten und in keiner Verbindung mit anderen Pflanzen waren. Bei den kleinsten (Fig. Vd) war der Stengel nur $1\frac{1}{2}$ cm lang und brach ganz deutlich endogen aus dem Ende einer noch wenig verzweigten Wurzel, deren sämtliche Äste durch Wurzelhauben abgeschlossen waren.

Die Sache war mir nun ganz klar. Aus dem Samen entwickelt sich zuerst ein cylindrischer Körper (Fig. I), welcher sich verlängert und bipolar wird, indem an einem Ende (dem negativ geotropischen) eine Stengelknospe endogen sich anlegt, am anderen Ende (dem positiv geotropischen) eine Wurzelhaube sich differenziert. Im Inneren differenzieren sich die Gefässbündel, später bricht der Stengel (Fig. II, III) hervor und der »Wurzelkörper« gliedert Seitenzweige, so dass wir endlich das faktische Stadium Fig. IVd bekommen.

Die Gliederung des Stengels und der Wurzel auf älteren Keimpflanzen (Fig. IVa—c) erklärt sich also dadurch, dass der Stengel aus der »Wurzel« endogen hervorbricht, was freilich durch Dickenwachstum im älteren Stadium und durch das Verschwinden der Bruchzipfel verwischt wird.

Auf diese Weise sehen wir nun, dass aus dem Samen einer *Pirola* tatsächlich ein ungegliederter Körper entsteht, welcher weder dem Begriffe »Wurzel« noch dem Begriffe »Achse« (Rhizom, Stengel) entspricht. Erst später entwickelt sich aus diesem Körper ein Stengel, so dass es begründet ist, wenn dieser Körper einen neuen morphologischen Terminus trägt (Prokaulom). Das Prokaulom von *P. secunda* ist wohl morphologisch und biologisch identisch mit dem Prokaulome der *Balanophoraceen* und *Hydnoraceen*.

Die weitere Entwicklung der Keimpflanze von *P. secunda* geht in der Weise vor, dass (Fig. IVb) aus den Bracteenachsen lange Ausläufer hervortreten, welche die Humuserde weithin durchkriechen, sich bewurzeln und im nächsten Jahre neue oberirdische Pflanzen treiben. Diese entwickeln wiederum Ausläufer, so dass am Standorte eine ganze Kolonie von *P. secunda* entsteht. Die Vermehrung dieser Art findet daher vermittels der Rhizome statt. Derselbe Fall ist bei *P. minor*, *chlorantha*, *rotundifolia* u. a. Jedes Bruchstück vom Rhizome oder von der Adventivwurzel kann neue Pflanzen hervorbringen. Unter diesen Verhältnissen ist folglich eine Vermehrung aus Samen bei diesen Arten nicht nötig und muss gewiss höchst selten zu Stande kommen, da die Keimpflanzen so selten sind. Ich untersuchte während der zwei Ferienmonate unzählige Standorte dieser Arten, konnte aber keine Keimlinge mehr finden.

Der Keimungsprozess der *P. secunda* u. a. wäre nun erklärt. Wie verhält sich derselbe aber bei der genannten *Monesis*? Hier fungiert (wie das Rhizom von *P. secunda*) ein fadenförmiges Gebilde, welches endogen wiederholt neue Stengel produziert.

Wenn wir die wurzelartigen, fadendünnen Ausläufer von *Monesis* mikroskopisch untersuchen, so sehen wir gleich, dass sie anatomisch identisch mit dem Prokaulome der *P. secunda* gebaut sind. Sie tragen auch keine Wurzelhaare, besitzen gleiche Wurzelhauben, gleiches Rindengewebe u. s. w.

Wir haben zwar in diesem Falle keine Keimlinge, dürfen aber analog der *P. secunda* die Keimungsweise voraussetzen. Aus dem Samen der *Monesis* keimt ein ähnlicher ungegliederter Körper, welcher sich aber bipolar nicht entwickelt, sondern sich nach allen Richtungen hin unregelmässig verzweigt und fadenförmig verlängert. So entsteht ein Geflecht von fadendünnen Ausläufern, welche als selbständiger Organismus in der Humuserde saprophytisch vegetieren. Ein solches Fadengeflecht habe ich wirklich beobachtet und schon im Jahre 1892 in der cit. Abhandlung abgebildet. Es ist ein wurzelartiges Prokaulom, welches von dem Prokaulome der *P. secunda* dadurch abweicht, dass es lange lebt, sich fortwährend verzweigt und die Aufgabe der vegetativen Vermehrung der Pflanze übernimmt — dieselbe Aufgabe, welche bei der *P. secunda* die weitkriechenden Rhizome versehen. Aus diesem Grunde treibt die Blattpflanze von *Monesis* keine Rhizome und verzweigt sich überhaupt nicht.

Ein Individuum von *Monesis* ist demnach aus zwei Generationen zusammengesetzt, von denen die erste das Prokaulom, die zweite der beblätterte Stengel darstellt. Die erste Generation ist bloss vegetativ, ungeschlechtlich, die zweite geschlechtlich. In dem phanerogamen Pflanzenreiche ist diese morphologische und biologische Erscheinung selten, aber nicht vereinzelt. In der Familie der *Balanophoraceen* finden wir bei den Gattung *Helosis* gleiche Verhältnisse, wo aus einem weitkriechenden Prokaulome endogen oberirdische Stengel, die eine Inflorescenz tragen, hervorbrechen. Auch die

Hydnoraceen bilden ein formloses Prokaulom, welches einem starken Rhizome ähnlich und wie dieses mit einem Gefässbündel versehen ist. Ebenso entwickeln sich die Blüten der *Rafflesien* aus einem Gebilde, welches weder Rhizom noch Wurzel genannt werden kann. Endlich wachsen auch die Samen der heimischen *Orobanchen* nicht direkt zu einem Blütenstengel auf, sondern bilden dieselben zuerst einen Wurzelfaden und ein knollenförmiges Gebilde, aus dem alsdann der Stengel emporwächst.

Die Verteilung der Pflanze auf zwei Generationen unter den Phanerogamen erinnert an die Generationen bei den Kryptogamen (*Chantransia*), besonders an das Protonema der Muscineen und teilweise auch an die Prothallien der Gefässkryptogamen. Man sieht, dass dieselbe morphologische Erscheinung in den mannigfaltigsten Verwandtschaften im Pflanzenreiche zum Vorschein kommen kann, was ich bereits in meiner »Vergleich. Morphologie der Pflanzen« (Prag, 1905) an mehreren Stellen hervor- gehoben habe.

Jedenfalls gehört unsere nette *Monesis* zu den interessantesten Pflanzen Europas.

Es ist beachtenswert, dass die verwandte *Monotropa* ganz gleiche fadenförmige Prokaulome entwickelt, aus welchen Blütenstengel hervorwachsen. J. Kamienski hat sie im Jahre 1882 beschrieben und abgebildet (Memoires de la soc. des sciences nat. et math. de Cherbourg, t. XXIV). Eine direkte Entwicklung dieser fadenförmigen Prokaulome aus den Samen zu beobachten gelang Kamienski nicht, obwohl er diesfalls Versuche angestellt hat. Nur G. A. Chatin (Anatomie comp. des veg. Paris 1856–65) und O. Drude (Die Biol. von Monotr. Hypop. L. Göttingen 1873) beschreiben die Keimung der Samen von *Monotropa*, die Umstände, unter welchen dieselbe vor sich gehen soll, sind jedoch bei beiden Autoren widersprechend und auch für unsere Zwecke wenig klar. So viel scheint aber sichergestellt zu sein, dass aus dem Samen nicht die definitive Pflanze, sondern die fadendünnen, wurzelartigen Prokaulome zuerst zum Vorschein kommen und dass es dieselben dünnen Wurzeln sind, aus welchen alsdann die oberirdische Pflanze hervorwächst.

Erklärung der Tafel.

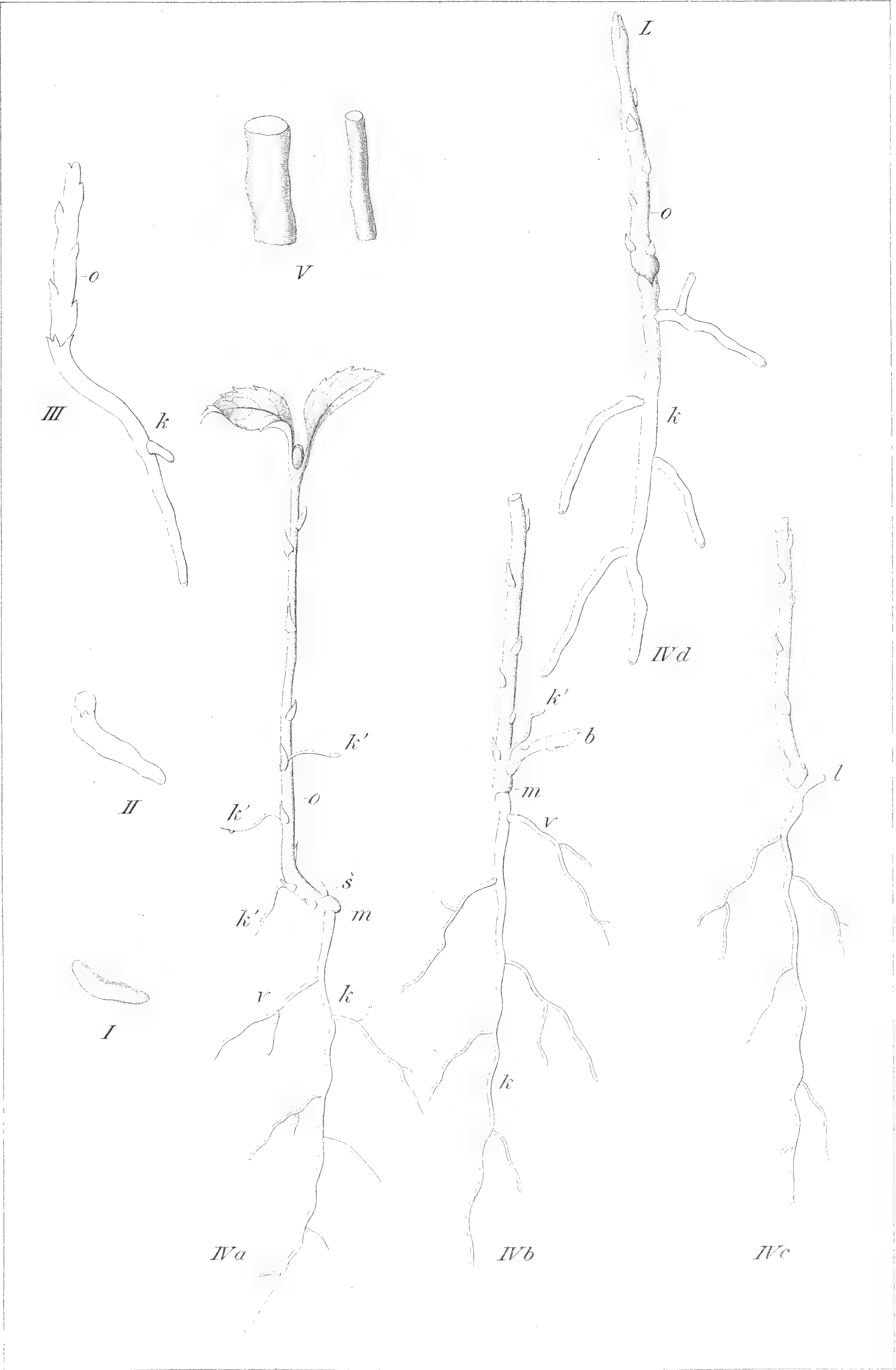
Fig. I.—III. Das aus einem Samen sich entwickelnde, wurzelartige Prokaulom, aus welchem am oberen Ende der Stengel hervorbricht. Diese Entwicklung wird vorausgesetzt.

Fig. IVd. Die tatsächlich beobachtete jugendliche Keimpflanze von *Pirola secunda*.

Fig. IVa—c. Ältere Stadien von Keimlingen der *Pirola secunda* — der beblätterte Stengel, welcher aus den Bracteenachseln, Adventiv-

wurzeln k' und kriechende Rhizome b treibt; m = die Gliederung, welche die Stelle bezeichnet, wo der Stengel endogen aus dem Prokaulome hervorgebrochen ist; k = die Hauptwurzel (Prokaulom), v Seitenäste derselben; l = der negativ geotropische Prokaulomscheitel, unter welchem der Stengel endogen hervorbricht.

Fig. V. Dickenverhältnis zwischen dem Prokaulome der Keimpflanze und der Adventivwurzel an den Rhizomen.



Studien zur relativen Photometrie.

II. Teil.

Vom

Dozenten Dr. Stan. Růžička.

(Aus dem k. k. Hygienischen Institute des Prof. Dr. Gustav Kabrhel in Prag.)

Vorgelegt am 7. April 1905.

Ich habe in meiner früheren Arbeit ¹⁾ gezeigt, daß der Lichtcharakter einzelner Arbeitsplätze (z. B. in der Schule) in bezug auf das Taglicht am besten in der folgenden Art für hygienische Zwecke fixiert und ausgedrückt werden kann: Man liest an einem nebligen dunklen Tage — bei gleichmäßig diffus leuchtendem Himmelsgewölbe — gleichzeitig die Lichtintensität des zu beurteilenden Arbeitsplatzes und des Himmelsgewölbes im Zenith mittels eines Photometers ab und berechnet das Verhältnis dieser zwei Intensitäten. So findet man z. B., daß ein Platz nur 1% der gleichzeitigen Lichtintensität des Himmelsgewölbes aufweist, ein anderer 2%, ein dritter 5%.

Welchen Wert hat eine solche Angabe für die hygienische Beurteilung des betreffenden Arbeitsplatzes in bezug auf seine Taglichtbeleuchtung?

Es ist nötig, sich zu vergegenwärtigen, daß das Grunderfordernis der Hygiene in bezug auf die Taglichtbeleuchtung so lautet, daß die absolute Lichtintensität eines Arbeitsplatzes niemals unter eine bestimmte Minimalgröße sinken darf, als welche im allgemeinen für gewöhnliche Schularbeiten die Intensität von etwa 20—25 Meterkerzen angenommen wird.

Wir wollen uns nun vorstellen, daß man wüßte, innerhalb welcher Grenzen sich die Lichtintensität des Himmelsgewölbes binnen des ungünstigsten — in bezug auf die Taglichtintensität — Jahresteiles während der Unterrichtsstunden bewegt.

¹⁾ Verhandlungen der Böhm. Kaiser Franz Josefs-Akademie 1904.

Nehmen wir an, daß die Lichtintensität des Himmelsgewölbes an den dunkelsten nebligen Tagen (außer der ausnahmsweise stark dunklen Tage) nicht unter 2000 Meterkerzen sinken würde.

Es ist klar, daß dann ein Arbeitsplatz, an welchem wir mittels meiner Methode — der relativen Photometrie — bei gleichmäßig diffus leuchtendem Himmelsgewölbe den Quotienten 1% gefunden haben (welcher bedeutet, daß am Arbeitsplatze eine hundertmal kleinere Lichtintensität als am Himmelsgewölbe abgelesen wurde), bei solcher »minimaler« Tageslichthelligkeit (die Intensität des Himmelsgewölbes = 2000 Meterkerzen), die Lichtintensität von 20 Meterkerzen, also die noch minimal zulässige haben wird. Ferner ist es klar, daß Arbeitsplätze, welche einen kleineren Quotienten als 1% aufweisen, bei obiger minimaler Tageshelligkeit eine geringere als die minimal noch zulässige (= 20 Meterkerzen) Lichtintensität haben.

Aus dem Angeführten ergibt sich, daß man im Sinne meiner Methode — der relativen Photometrie — das hygienische Erfordernis in bezug auf die Taglichtbeleuchtung eines Arbeitsplatzes einfach in der Weise formulieren kann, daß ein Arbeitsplatz für gewöhnliche Schularbeit bei nebligem dunklem Wetter, bei gleichmäßig diffus leuchtendem Himmelsgewölbe wenigstens 1% der im Zenith am Himmelsgewölbe gleichzeitig abgelesenen Lichtintensität aufweisen muß.

Die Frage aber, innerhalb welcher Grenzen sich die Lichtintensität des gleichmäßig bedeckten Himmelsgewölbes im ungünstigsten Jahresteile während der Unterrichtsstunden bewegt, ist noch nicht systematisch bearbeitet worden.

Ich mußte also selber solche systematische Messungen ausführen deren Resultate für den verlaufenen Winter im folgenden mitgeteilt werden.

Die Messungen habe ich am 24. November 1904 angefangen und mit einer kleinen Unterbrechung kontinuierlich bis Ende Jänner 1905 fortgeführt. Und zwar wurde die Lichtintensität des Himmelsgewölbes im Zenit mittels eines Weberschen Photometers abgelesen. Der Apparat war unter einem Dachfenster des Dachbodenraumes im Institute, gegen das Himmelsgewölbe gerichtet, dauernd aufmontiert. Zur Ablesung wurde das Fenster immer geöffnet. Die Lampe des Apparates war gründlich von Vorhängen umgeben, um Störungen der richtigen Lage der Benzinflamme durch Luftströmungen zu vermeiden.

Die Ablesung wurde immer um 9 Uhr vormittags und um 3 Uhr nachmittags vorgenommen. Diese Ablesungszeitpunkte sind aus folgenden Gründen ausgewählt worden: Es ist nicht nötig, zu verlangen, daß die Lichtintensität während der ganzen Unterrichtsdauer des Tages — von 8 Uhr früh bis 4 Uhr nachmittags — der oben angeführten hygienischen Anforderung entspräche. Denn es ist möglich für den ungünstigsten Jahresteil auf die erste und letzte Stunde solche Lektionen zu verlegen, welche

kein Lesen, Schreiben und ähnliche die Augen besonders anstrengende Arbeiten erfordern.

Es genügt also, wenn die Beleuchtung von 9 Uhr vormittags bis 3 Uhr nachmittags den Anforderungen entspricht.²⁾ Eventuell muß man sich in der ersten bzw. letzten Stunden durch künstliche Beleuchtung aushelfen.

Anfangs habe ich die Messungen nur bei gleichmäßiger oder wenigstens annähernd gleichmäßiger Bedeckung des Himmels ausgeführt (Ergebnisse in der Tabelle durch fettgedruckte Zahlen ausgedrückt), später aber vergleichshalber auch bei ungleichmäßiger Bedeckung.

Die Lichtintensität des Himmelsgewölbes im Zenith (in Meterkerzen).

Datum	um 9 Uhr vorm.	Bedeckung des Himmels	um 3 Uhr nachm.	Bedeckung des Himmels
November				
24.	5446		1209	
25.	3916		—	unbedeckt
26.		} unbedeckt		} unbedeckt
27.				
28.	4707		—	
29.	7554		5768	unbedeckt
30.	3566		3512	
Dezember				
1.	1879		1240	
2.	1143		2448	
3.	1360		1106	
4.	1183		—	
5.	—	ungleichmäßig bedeckt	—	} ungleichmäßig bedeckt
6.	3896		—	
7.	2126		—	
8.	3359		2448	
9.	2706		—	} ungleichmäßig bedeckt
10.	4120		—	
11.	1824		1620	
12.	3896		2158	
13.	5643		1850	
14.	2204		30 ³⁾	

²⁾ Natürlich kommen — ausnahmsweise — auch nach 9 Uhr, bzw. vor 3 Uhr niedrigere Intensitäten vor als die zu diesen Zeitpunkten gemessenen.

³⁾ Von 10 Uhr angefangen ein ganz außergewöhnlich dunkler Tag (um 11 Uhr vormittags 153 Meterkerzen).

Datum	um 9 Uhr vorm.	Bedeckung des Himmels	um 3 Uhr nachm.	Bedeckung des Himmels
15.	1156		—	ungleichmäßig bedeckt
16.	—	ungleichmäßig bedeckt	2022	
17.	1277		1839	
18.	1824		1630	
19.	—	ungleichmäßig bedeckt	—	ungleichmäßig bedeckt
20.	3896		527	
21.	3560	etwas ungleichmäßiger bedeckt	4572	etwas ungleichmäßiger bedeckt
22.	2278	blauer Himmel, wenige Wolken	1214	blauer Himmel
23.	1680	dito	2926	
24.	3776	ungleichmäßig bedeckt	4572	ungleichmäßig bedeckt
25.	Dezember bis 3. Januar wegen Krankheit nicht gemessen.			
Januar				
4.	3006		4282	
5.	4147		2572	
6.	3896	ziemlich ungleichmäßig bedeckt	3520	
7.	2572		4572	
8.	—		—	
9.	2390	blauer Himmel	2448	blauer Himmel
10.	2777	ungleichmäßig bedeckt	—	
11.	3359		4282	} ungleichmäßig bedeckt
12.	6477		4572	
13.	2448		5353	
14.	3779	ungleichmäßig bedeckt	3359	klar, bläulicher Himmel
15.	—		—	
16.	3175		4282	
17.	2448		4019	
18.	4572	} ungleichmäßig bedeckt	5643	ungleichmäßig bedeckt
19.	4959		2777	blauer Himmel
20.	2448	bläulicher Himmel	4572	bläulicher Himmel
21.	4282	ungleichmäßig bedeckt	2777	blauer Himmel
22.	—		—	
23.	2638	bläulicher Himmel	—	
24.	3175		4572	blauer Himmel
25.	8257		5956	
26.	4572	ungleichmäßig bedeckt	3667	ungleichmäßig bedeckt
27.	4572	dito	4572	dito
28.	1898		1898	
29.	2159		2159	
30.	2159		2088	
31.	3896		7512	
Februar				
1.	6478			

Die Tabelle zeigt, daß — mit Ausnahme des ungünstigsten Monates: Dezember — die Intensität des Himmelsgewölbes im Zenith zwischen der 9. Stunde vormittags und der 3. Stunde nachmittags sich fast ausnahmslos oberhalb des Wertes von 1500 Meterkerzen erhält, ja sogar fast ohne Ausnahme oberhalb des Wertes von 2000 Meterkerzen: Unter 56 Messungen ergaben nur 3 (5·4%) Fälle Intensitäten unterhalb 2000 und von diesen dreien nur ein Fall (1·8%) eine Intensität unterhalb 1500 Meterkerzen.

Im Dezember ergaben die Messungen viel ungünstigere Resultate: Unter 39 Messungen wiesen ganze 19 (\equiv 48·7% eine niedrigere Intensität als 2000 Meterkerzen, von diesen 19 sogar 11 (28·2%) Fälle weniger als 1500, und von diesen noch 3 (7·4%) weniger als 1000 Meterkerzen.

Kehren wir jetzt zu der vorläufig vorher gemachten Annahme, daß wir im Sinne meiner Lichtmessungsmethode als das Minimum der Taglichtintensität an einem Arbeitsplatze 1% der im Zenith des Himmelsgewölbes abgelesenen Intensität bezeichnen würden. Wie gestaltete sich die Taglichtbeleuchtung eines solchen Arbeitsplatzes im Verlaufe der verflossenen Winterperiode?

Im Dezember herrschte unter 39 Fällen 19mal an diesem Platze um 9 Uhr vormittags bzw. um 3 Uhr nachmittags eine geringere Intensität als die minimal zugelassenen 20 Meterkerzen; sogar 11mal eine geringere als 15, ja 3 mal eine geringere als 10 Meterkerzen.

Es ist klar, daß uns auch die Minimalanforderung 1% für diese ungünstigste Jahreszeit nicht vor einer bedeutenden Anzahl von Fällen schützt, in welchen zwischen 9 Uhr vormittags und 3 Uhr nachmittags an den am schwächsten beleuchteten Arbeitsplätzen die Belichtungsintensität selbst bedeutend unter das zugelassene Minimum sinken würde.

Natürlich genügt es in solchen Fällen, einfach, die künstliche Beleuchtung anzuwenden. Das kostet natürlich Geld, und es ist einfach Sache des Kalküls, bis wieweit es vorteilhafter ist, die ungenügende Taglichtbeleuchtung der Schulzimmer mittels künstlicher Beleuchtung zu ersetzen, und wieweit man wieder besser auf seine Rechnung kommt durch Erreichung eines reichlicheren Taglichtzutrittes mittels erhöhten Bauaufwandes inklusive der Grundstückbeschaffung, wodurch man einen höheren Minimalquotienten für die Taglichtbeleuchtung der dunkelsten Arbeitsplätze als 1% erreichen kann.⁴⁾ Vom rein hygienischen Standpunkte muß man natürlich immer dem Taglicht Vorzug geben.

Auf Grundlage obiger Messungen nehme ich vorläufig⁵⁾ als »mini-

⁴⁾ Bei der Erhöhung der Minimalforderung auf 1·5% würden von jenen 39 Fällen nur in 10 die dunkelsten Plätze eine geringere Intensität als 20, davon nur 3 eine geringere Intensität als 15 Meterkerzen aufweisen.

⁵⁾ Der definitive Wert soll erst auf Grundlage eines größeren Materiales gewählt werden.

male Tageshelligkeit« 2000 Meterkerzen (im Zenith des Himmels-
gewölbes gemessen) an.

* * *

Was die Frage betrifft, auf welche Art es möglich ist zu ermitteln, wie viel Prozente von der Intensität des Himmelsgewölbes die an einem bestimmten Arbeitsplatze herrschende Intensität beträgt, soll folgendes angeführt werden:

1. Bei einem fertigen Gebäude kann man die von mir in meiner oben zitierten Arbeit angegebene Methode benutzen. (Gleichzeitige Ablesung der Lichtintensität am Himmelsgewölbe und am betreffenden Arbeitsplatze.)

2. Wenn erst nur die Pläne eines zu bauenden Gebäudes vorliegen, so ist der folgende Weg möglich:

Es wird ein teilweises Modell des Gebäudes angefertigt, an welchem alle den Zutritt des Taglichtes beschränkenden Wände, Dächer usw. genau ausgeführt wären (dabei sind die ungünstigsten durch die Bauordnung zugelassenen Verhältnisse und nicht die gerade vorhandenen zu berücksichtigen.) Im Modell des Gebäudes werden nur die Parterreklassen ausgeführt und in diesen wieder nur die dunkelsten Arbeitsplätze; denn es genügt, die ungünstigsten Plätze zu berücksichtigen: wenn diese den Anforderungen entsprechen, entsprechen desto besser die günstigeren. Auf der oberen Fläche der Decke des eben auszumessenden Raumes wird ein Apparat aufgestellt, welcher durch einen Spiegel das Bild des Zeniththeils des Himmelsgewölbes⁶⁾ in das Auge des Beobachters reflektiert; ein zweiter Spiegel reflektiert ebenso das Bild eines weißen Papierstückchens, welches auf dem zu messenden Arbeitsplatze liegt (oberhalb des Arbeitsplatzes muß zu diesem Zwecke in der Decke eine kleine Öffnung hergestellt sein). Dieses zweite Bild erscheint dem Auge des Beobachters als ein Fleck auf dem Bilde des Himmelsgewölbes. Mittels eines kalibrierten Rauchglaskeiles wird das letztere Bild soweit verdunkelt, bis es infolge kongruenter Intensität mit dem Bilde des Arbeitsplatzes eben genau verschwimmt.

Auf der Skala wird dann direkt abgelesen — nach der Einstellung des Keiles — wieviel Prozent von der Intensität des Himmelsgewölbes diejenige des betreffenden Arbeitsplatzes beträgt.

Die ziemlich schwierige Konstruktion dieses Apparates bildet den Gegenstand meiner weiteren Arbeit.

⁶⁾ Die Messung muß auf einem freien Platze unter freiem Himmel ausgeführt werden.

Statisch bestimmte durchgehende Fachwerksträger.

Von

Dr. techn. Zdeněk Bažant.

(Mit 7 Tafeln.)

Vorgelegt am 24. Mai 1905.

Einleitung.

§ 1. Allgemeine Beurteilung der statischen Bestimmtheit.

Besteht ein Fachwerksträger aus σ starren Scheiben, welche durch κ_1 einfache, κ_2 zweifache (Fig. 1.) . . . κ_{n-1} $(n - 1)$ -fache Gelenke und π Stäbe verbunden und in α_1 beweglichen und α_2 festen Stützpunkten gestützt werden, dann ist derselbe statisch bestimmt, wenn die Bedingung:

$$\begin{aligned} \pi + \alpha_1 + 2 \alpha_2 + 2 \kappa_1 + 2 \cdot 2 \kappa_2 + 2 \cdot 3 \kappa_3 + \dots 2 (n - 1) \kappa_{n-1} = \\ = 2 \beta + 3 \sigma (1) \end{aligned}$$

erfüllt und wenn zugleich die Nennerdeterminante der Bedingungs-
gleichungen nicht gleich Null ist. Die linke Seite der Gleichung (1) be-
deutet die Anzahl der Unbekannten, die rechte Seite die der Gleichgewichts-
bedingungen.

§ 2. Allgemeine Eigenschaften der Einflusslinien.

1. Bei mittelbarer Belastung (Fig. 2.) ist die Einfluss-
linie zwischen je zwei Knotenpunkten eine Gerade.

2. Besteht ein statisch bestimmtes Fachwerk aus mehreren starren
Scheiben, so lassen sich alle auf eine Scheibe Σ (Fig. 3.) wirkenden Kräfte
auf drei unbekannte Kräfte A, B, C zurückführen, deren Lagen aus allen
Gleichgewichtsbedingungen mit Ausnahme der drei, welche die Scheibe Σ
selbst liefert, sich ergeben. Daraus folgt, dass die Lagen der Kräfte A, B, C

nicht von der Lage einer beweglichen Einzellast abhängen, wenn diese auf die Scheibe Σ wirkt. Dann folgt z. B. die Kraft C aus der Momentengleichung, bezogen auf den Schnittpunkt c der beiden anderen unbekannten Kräfte A, B . Aus den Kräften A, B, C bekommt man mit Hilfe der Gleichgewichtsbedingungen alle Kräfte, welche auf andere Scheiben wirken, wie auch die Spannungen der Stäbe in jenen Scheiben. Da alle Bedingungen eine lineare Form haben, so folgt: Bei jedem statisch bestimmten Fachwerke ist die Einflusslinie einer beliebigen, auf eine starre Scheibe wirkenden Kraft, im Bereiche jeder starren Scheibe eine Gerade; dasselbe gilt auch von den Stabspannungen, nur mit Ausnahme der Scheibe, welcher der betreffende Stab angehört.

3. Bei teilweiser gleichförmiger Belastung von m bis n berechnet man die gesuchte Kraft mit Hilfe der Einflusslinie in der Form:

$$S = q \cdot \mathcal{U}_{mn},$$

wo \mathcal{U}_{mn} die zugehörige Einflussfläche bedeutet. Wirken auf den Träger die Einzellasten $P_1, P_2, P_3 \dots$, deren Lagen die Ordinaten $\eta_1, \eta_2, \eta_3 \dots$ entsprechen, so ist:

$$S = \sum_1^n P \eta.$$

4. Bei einer Belastung durch ein bewegliches System von Einzellasten, soweit sich dieselbe über nur zwei Einflussgerade erstreckt (Fig. 4.), bekommt man die ungünstigste Lastenstellung mit Hilfe der Formel von Winkler:

$$R_1 \geq R \frac{a}{c} \dots \dots \dots (2),$$

wo R die gesamte Belastung, R_1 die Belastung im Bereiche einer Einflussgeraden bedeutet.

§ 3. Einflusslinien für einen einfachen Fachwerkbalken.

Die Einflusslinie für eine beliebige Stabspannung erhält man zeichnerisch auf folgende Weise (Fig. 5.): $\left\{ \begin{array}{l} \text{Rechts} \\ \text{Links} \end{array} \right\}$ von dem Stabe der belasteten Gurtung, welcher dem gegebenen Stabe S entspricht, ist die Einflusslinie eine Gerade; diese schneidet auf der $\left\{ \begin{array}{l} \text{linken} \\ \text{rechten} \end{array} \right\}$ Auflagersenkrechten eine Strecke $\left\{ \begin{array}{l} S' \\ S'' \end{array} \right\}$ ab, welche zeichnerisch als Stabspannung bei Belastung $\left\{ \begin{array}{l} A=1 \\ B=1 \end{array} \right\}$ (Fig. 5. b, c) bestimmt werden kann. Im erwähnten Felde der

belasteten Gurtung muss man dann zwischen die rechts- und linksseitige Einflussgerade bei den Füllungsstäben und den Stäben der belasteten Gurtung (Fig. 5. *e, f*) eine weitere Gerade einschalten. Die rechts- und linksseitige Gerade schneiden sich auf der Senkrechten durch den zugeordneten Momentendrehpunkt (bei Gurtstäben ist das der gegenüberliegende Knotenpunkt, bei den Füllungsstäben, z. B. D_m , der Schnittpunkt der Gurtstäbe H_{m-1} , S_m). Bei den Füllungsstäben kann man den Nullpunkt n auch direkt (Fig. 5.) erhalten; seine Konstruktion erfolgt daraus, dass bei Belastung durch eine Einzellast im Punkte n die Resultante des Stützenwiderstandes und der Knotenlast auf derselben Seite durch den zugeordneten Momentendrehpunkt d gehen soll.

§ 4. Einflusslinien für einen Fachwerkbogen mit drei Gelenken.

Den Nullpunkt (z. B. e_m für D_m) einer beliebigen Stabspannung auf der linken Hälfte erhält man als Schnittpunkt der Kämpferdrucklinie bc mit der Verbindungslinie des linken Auflagergelenkes mit dem Momentendrehpunkt, der dem Stabe bei Anwendung des Ritter'schen Verfahrens entspricht (z. B. d_m für Stab D_m , Fig. 12. *a*). Zerlegt man beliebige senkrechte Belastung der linken Hälfte in senkrechte Komponenten in a und e_m und bestimmt dann den linken Stützenwiderstand \mathfrak{A} zu jeder Komponente, so gibt die Komponente in e_m einen Stützenwiderstand \mathfrak{A}' , der durch d_m geht, also keinen Einfluss auf die Spannung D_m hat; es bleibt nur die Komponente in a , welche gerade so bestimmt werden kann, wie bei einem Balken, der in a und e_m gestützt wird. Die linke Bogenhälfte verhält sich also mit Rücksicht auf eine beliebige Stabspannung bei eigener Belastung wie ein im linken Auflagergelenk und im betreffenden Nullpunkte gestützter Balkenträger. Die Einflusslinien (Fig. 12. *e, f, g*) für die linke Hälfte können dann leicht gezeichnet werden; für die rechte Hälfte hat man nur nötig eine einzige Gerade zu zeichnen.

Behufs Kontrolle kann man die Ordinate S'' in der Senkrechten durch c als eine Stabspannung, hervorgerufen durch eine in c wirkende Last $P=1$ (Fig. 12. *c*), und die Ordinate S''' , welche auf derselben Senkrechten die rechtsseitige und verlängerte linksseitige Einflussgerade abschneidet, als eine direkt aus der genannten Last sich ergebende Stabspannung bestimmen (Fig. 12. *d*; S'''_{m-1} , H'''_m , D'''_m sind mit $P=1$ im Punkte c im Gleichgewicht). Dem Füllungsstabe D_m entspricht ein zweiter Nullpunkt e'_m im betreffenden Felde der belasteten (hier oberen) Gurtung; diesen Nullpunkt kann man auch daraus bestimmen, dass die Resultante des linken Stützenwiderstandes und der linken Knotenlast bei einer Last in e'_m durch d_m gehen muss (Fig. 12. *a* gibt zwei Konstruktionen, die dem entsprechen, wie man leicht einsehen kann).

I. Balkenträger: Balken mit Gelenkvierecken über den Stützen.

§ 5.

Ein durchgehender Balkenträger von n Öffnungen mit Gelenkvierecken über allen inneren Stützpunkten enthält $\sigma = n$ Scheiben, $\kappa_1 = n - 1$ einfache Gelenke, $\pi = 2(n - 1)$ Stäbe, $\beta = n - 1$ Knotenpunkte; bei einem festen ($\alpha_2 = 1$) und $\alpha_1 = n$ beweglichen Auflagern beträgt die Anzahl der Unbekannten: $\pi + \alpha_1 + 2\alpha_2 + 2\kappa_1 = 5n - 2$, und die Anzahl der Bedingungen: $2\beta + 3\sigma = 5n - 2$. Im allgemeinen ist der Träger also statisch bestimmt.

Die Stäbe über den Auflagern in den Gelenkvierecken kann man kurz als **A u f l a g e r s t ä b e** bezeichnen.

A) Träger mit zwei Öffnungen.

§ 6. Stützenwiderstände und Spannungen der Auflagerstäbe.

1. Einflusslinien: Bei beliebiger senkrechter Belastung der Scheibe I (Fig. 7.a) wirken auf die Scheibe II die Kräfte A_2, L_2, B_1' , deren Gleichgewicht erfordert, dass sie sich in einem Punkte a_2' schneiden. Auf die Scheibe I wirken dann ausser deren Belastung die Kräfte A_0, B_1', L_1 , und da folgt, dass die Resultante U_1 von (B_1', L_1) senkrecht sein muss; sie geht durch den Punkt u_1 , den man den rechten Festpunkt der Scheibe I nennen kann. Daraus geht schon hervor, dass sich die Scheibe I bei eigener Belastung wie ein in a_0, u_1 gestützter Balkenträger verhält. Bei Belastung der Scheibe II hat die Kraft im Gelenke b_1 ganz analog die Lage B_1'' und schneidet L_2 im linken Festpunkte t_2 der Scheibe II.

Wird nur die Scheibe I durch die Last P belastet (Fig. 7.a), so kann man A_0 aus der Momentengleichung, bezogen auf u_1 , in der Form berechnen:

$$A_0 = P \frac{z_1'}{u_1} \dots \dots \dots (3^a)$$

Die durch diese Gleichung gegebene Einflussgerade schneidet in b_1 die Ordinate: $A_0' = -1 \cdot \frac{u_1'}{u_1}$ ab. Den Einfluss einer auf die Scheibe II angreifenden Last P bestimmt man dann aus der Komponente $P' = P \frac{z_2'}{l_2}$ in b_1 mit Hilfe von A_0' :

$$A_0 = P' A_0' = -P \frac{u_1'}{u_1} \frac{z_2'}{l_2} \dots \dots \dots (3^b)$$

$$L_1 = -\frac{q l_1}{2} \frac{l_1 + l_2}{r_1} \dots \dots \dots (8^b)$$

und in demselben Falle bei gleichen Stützweiten ($l_1 = l_2 = l$):

$$A_0 = \frac{q l}{2} \frac{3 u_1 - 2 l}{u_1} \dots \dots \dots (7^c)$$

$$L_1 = -\frac{q l^2}{r_1} \dots \dots \dots (8^c)$$

Bewegliche gleichförmige Belastung ergibt:

$$\max A_0 = \frac{1}{2} q u_1, \min A_0 = -\frac{1}{2} q (l + u_1') \frac{u_1'}{u_1} \dots \dots \dots (7^d)$$

was mit Hilfe der Einflussflächen ermittelt werden kann.

Zur Berechnung der Hilfswerte u_1, u_1', r_1 dienen beim symmetrischen Träger die Gleichungen:

$$r_1 = 2 (l \sin \alpha - h \cos \alpha), r_2 = h \cos \alpha \dots \dots \dots (9^a)$$

$$u_1 = 2 l \frac{l \sin \alpha - h \cos \alpha}{2 l \sin \alpha - h \cos \alpha}, u_1' = l \frac{h \cos \alpha}{2 l \sin \alpha - h \cos \alpha} \dots \dots (9^b)$$

3. Zeichnerische Ermittlung des Stützenwiderstandes A_0 erfolgt wieder dadurch, dass man die Belastung der Scheibe II in Komponenten in b_1, a_2 zerlegt (Fig. 7. *g, h*) und dann zur Komponente in b_1 und Belastung der Scheibe I den Stützenwiderstand A_0 wie bei einem in a_0, u_1 gestützten Balken bestimmt. Analog verfährt man bei A_2 , wodurch auch A_1 gegeben ist. Mit Rücksicht auf A_0 verhält sich der Träger wie ein in a_0, u_1, a_2 gestützter Gerber'scher Balken, der in b_1 mit einem Gelenke versehen ist.

§ 7. Stabspannungen.

Die Einflusslinien der Stabspannungen der Scheibe I lassen sich in der ersten Öffnung wie für einen in a_0, u_1 gestützten Balken ermitteln; in der zweiten Öffnung ist jede Einflusslinie eine einzige Gerade (Fig. 8.). Auf dieselbe Weise kann man auch die Einflusslinien für die Stabspannungen H_n, D_n am Gelenke b_1 bestimmen, wobei aber einige Gerade nur

geometrische Bedeutung haben (Fig. 8. *k*, *l*). Eine gute Kontrolle liefern hier die Ordinaten in b_1 , u. zw. die wirklichen Ordinaten H_n''' , D_n''' , die sich als Komponenten der Kraft B_1'' , hervorgerufen durch die Belastung $P=1$ in b_1 , ableiten lassen und die Ordinaten H_n^{IV} , D_n^{IV} , welche die linksseitigen Geraden in der ersten Öffnung abschneiden; diese bestimmt man wie bei linksseitiger Belastung, also als Komponenten der Kraft B_1' bei Belastung $P=1$ in b_1 (Fig. 8. *d*).

B) Träger mit beliebig vielen Öffnungen.

§ 8. Stützenwiderstände und Spannungen der Auflagerstäbe.

1. Einflusslinien: Bei einem Träger mit drei Öffnungen (Fig. 9.) erzeugt eine beliebige Belastung der ersten Öffnung im Gelenke b_2 die Kraft B_2' , die sich mit A_3 , L_4 in einem Punkte a_3' schneidet, wie das Gleichgewicht der Scheibe III erfordert. Das Gleichgewicht der Kräfte A_3 , A_2 , L_3 , B_2' hat zur Folge, dass die Resultante (L_3, B_2') , die im rechten Festpunkte u_2 der Scheibe II wirkt, eine senkrechte Kraft U_2 ist. Diese ist wieder im Gleichgewichte mit L_2 , B_1' , welche sie also in einem Punkte u_2' schneiden. Weiter folgt aus dem Gleichgewichte von U_2 , A_1 , L_1 , B_1' , dass die Resultante U_1 von (L_1, B_1') senkrecht sein muss, sodass endlich die Belastung der Scheibe I im Gleichgewichte mit A_0 , U_1 ist. Die beiden letzten Kräfte bekommt man dann als Stützenwiderstände eines in a_0 , u_1 gestützten Balkens.

Analog erhält man, wenn nur die Scheibe III belastet wird, B_1'' und B_2'' als Lagen der Kräfte in den Gelenken b und linke Festpunkte t_2 , t_3 als deren Schnittpunkte mit L_2 , L_4 . Die Belastung $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{links} \\ \text{rechts} \end{smallmatrix} \right\}$ vom Gelenke b erzeugt hier eine Kraft von der Lage $\left\{ \begin{smallmatrix} B' \\ B'' \end{smallmatrix} \right\}$, welche mit der Spannung des $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{linken} \\ \text{rechten} \end{smallmatrix} \right\}$ Auflagerstabes in dem das Gelenk b enthaltenden Gelenkviereck eine durch den betreffenden Festpunkt gehende senkrechte Resultante gibt. Daraus folgt, wenn man zu den Festpunkten die äusseren Stützpunkte zählt: Jede Scheibe verhält sich bei eigener Belastung wie ein in deren beiden Festpunkten gestützter Balkenträger.

Eine in u_2 wirkende Last P erzeugt:

$$U_2 = P, L_2 = B_1 = A_0 = L_1 = A_1 = 0.$$

Ähnliches gilt von den übrigen Festpunkten, sodass allgemein: Nullpunkte für die Stützenwiderstände (also auch für die Span-

nungen der Auflagerstäbe) $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{rechts} \\ \text{links} \end{smallmatrix} \right\}$ vom betreffenden Stütz-
punkte $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{rechte} \\ \text{linke} \end{smallmatrix} \right\}$ Festpunkte bilden.

Die Einflussordinaten in b_1, b_2 erhält man als Stützenwiderstände und Spannungen, die der Belastung $P=1$ im Punkte b_1, b_2 entsprechen (Fig. 9.b). Im Falle eines symmetrischen Trägers genügt die Ermittlung für nur eine Belastung. Alle Einflusslinien (Fig. 9.c—g) sind durch die Ordinaten und Nullpunkte mehr als hinreichend bestimmt; sie können auch durch Rechnung bestimmt werden.

Wirkt die bewegliche Einzellast P auf die Scheibe I. so folgt A_0 aus der Momentengleichung, bezogen auf u_1 :

$$A_0 = P \frac{u_1 - z}{u_1} \dots \dots \dots (10^a)$$

Wirkt die Last P auf die Scheibe II, so folgt A_0 als Produkt der Komponente von P in b_1 (wenn man P in b_1 und u_2 zerlegt) und der durch (10^a) gegebenen Ordinate A'_0 in b_1 :

$$A_0 = - P \frac{u_1'}{u_1} \frac{u_2 - z}{u_2} \dots \dots \dots (10^b)$$

Ähnlich erhält man bei Belastung der Scheibe III:

$$A_0 = P \frac{u_1'}{u_1} \frac{u_2'}{u_2} \frac{l_3 - z}{l_3} \dots \dots \dots (10^c)$$

Im ersten Belastungsfalle folgt L_1 aus der Momentengleichung, bezogen auf a_0'' :

$$L_1 = - P \frac{z}{r_1} \dots \dots \dots (11^a)$$

im zweiten:

$$L_1 = - P \frac{l_1}{r_1} \frac{u_2 - z}{u_2} \dots \dots \dots (11^b)$$

und im dritten:

$$L_1 = P \frac{l_1}{r_1} \frac{u_2'}{u_2} \frac{l_3 - z}{l_3} \dots \dots \dots (11^c)$$

L_2 und A_1 ergeben sich aus den Gleichungen (5), (6).

Die Belastung der Scheibe I erzeugt eine senkrechte Kraft U_1 , deren Einflusslinie (Fig. 9.f) identisch mit der Linie des Stützenwiderstandes des Balkenträgers $a_0 u_1$ ist. Die Belastung der Scheibe I, II erzeugt in u_2

eine senkrechte Kraft U_2 , deren Einflusslinie (Fig. 9.g) in der zweiten Öffnung wie für den Stützenwiderstand des Balkenträgers $t_2 u_2$ bestimmt wird.

Wird die Belastung nicht in b_1, b_2 (wie im vorhergehenden vorausgesetzt) übertragen, sondern z. B. in p_1, q_1 und p_2, q_2 (dabei aber nicht in a_1, a_2), muss man an den Stützpunkten die Einflusslinien so ändern, dass im Felde $\overline{p_1 q_1}$, ebenso in $\overline{p_2 q_2}$ jede Einflusslinie eine Gerade sein muss. In Fig. 9., 10. sind die Einflusslinien für diesen Fall voll ausgezogen für den ersten Fall strichpunktiert.

2. Berechnung bei gleichförmiger Belastung: Im Falle einer beweglichen gleichförmigen Belastung, welche in b_1, b_2 übertragen wird, erhält man mittels Einflussflächen für die Belastung der Strecken $a_0 u_1, u_1 u_2, u_2 a_3$:

$$\left. \begin{aligned} A_0^{(1)} &= \frac{1}{2} q u_1, \quad A_0^{(2)} = -\frac{1}{2} q (u_1' + u_2) \frac{u_1'}{u_1} \\ A_0^{(3)} &= \frac{1}{2} q \frac{u_1'}{u_1} \frac{u_2'}{u_2} (u_2' + l_3); \end{aligned} \right\} \dots \dots (12)$$

dann:

$$\max A_0 = A_0^{(1)} + A_0^{(3)}, \quad \min A_0 = A_0^{(2)};$$

für die Vollbelastung:

$$A_0 = A_0^{(1)} + A_0^{(2)} + A_0^{(3)}$$

Ähnlich folgt für die Belastung der Strecken $a_0 u_2, u_2 a_3$:

$$\left. \begin{aligned} \min L_1 &= -\frac{q l_1}{2 r_1} (l_1 + u_2) \\ \max L_1 &= \frac{q l_1}{2 r_1} \frac{u_2'}{u_2} (u_2' + l_3), \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (13)$$

für die Vollbelastung: $L_1 = \min L_1 + \max L_1$

§ 9. Stabspannungen.

Die Einflusslinie für einen Stab der Scheibe I (Fig. 10.f) ist in der ersten Öffnung identisch mit der Einflusslinie eines in a_0, u_1 gestützten Balkens. Ferner gilt: Nullpunkte für die Stabspannungen bilden in derselben Öffnung beide, in den $\left. \begin{array}{l} \text{rechten} \\ \text{linken} \end{array} \right\}$ Öffnungen $\left. \begin{array}{l} \text{rechte} \\ \text{linke} \end{array} \right\}$ Festpunkte. Daraus folgt schon die Form der Einflusslinien in den weiteren Öffnungen. Für die Stäbe der Scheibe II ist die Einflusslinie (Fig. 10.g) in der zweiten Öffnung identisch mit der Einflusslinie für einen in t_2, u_2 gestützten Balken.

Auf dieselbe Weise kann man auch die Einflusslinien für die Stäbe H_{n-1} , D_n , H_{n+1} , D_{n+1} (Fig. 10. $h-l$) am Gelenke b_1 ermitteln. Eine leichte Kontrolle gewähren hier die wirklichen Ordinaten in b_1 $\left(\begin{Bmatrix} H_{n-1}''', D_n''' \\ H_{n+1}''', D_{n+1}''' \end{Bmatrix} \right)$ sind Komponenten der durch die Belastung $P=1$ in b_1 erzeugten Kraft $\begin{Bmatrix} B_1'' \\ B_1' \end{Bmatrix}$, Fig. 10. e), und die Ordinaten $\begin{Bmatrix} H_{n-1}^{IV}, D_n^{IV} \\ H_{n+1}^{IV}, D_{n+1}^{IV} \end{Bmatrix}$, welche die $\begin{Bmatrix} \text{links-} \\ \text{rechts-} \end{Bmatrix}$ seitigen Geraden in der $\begin{Bmatrix} \text{ersten} \\ \text{zweiten} \end{Bmatrix}$ Öffnung auf der Senkrechten durch b_1 abschneiden (sie folgen bei Belastung $P=1$ im Punkte b_1 so, als ob die Last $\begin{Bmatrix} \text{links} \\ \text{rechts} \end{Bmatrix}$ von b_1 angreifen würde, also $\begin{Bmatrix} H_{n-1}^{IV}, D_n^{IV} \\ H_{n+1}^{IV}, D_{n+1}^{IV} \end{Bmatrix}$ als Kräfte, die mit $\begin{Bmatrix} B_1' \\ B_1'' \end{Bmatrix}$ im Gleichgewichte sind, Fig. 10. e).

C) Träger mit zwei Öffnungen bei wagerechter Belastung.

§ 10. Fester Stützpunkt in der Mitte.

1. Es soll ein symmetrischer Träger mit Stützpunkten in gleicher Höhe vorausgesetzt werden (Fig. 11. a). Wirkt auf den Träger eine wagerechte Einzellast H , dann ist die wagerechte Komponente des Stützenwiderstandes in a_1 : $H_1 = H$. Wirkt die Last H auf die Scheibe I, so folgt aus dem Gleichgewichte der auf die Scheibe II wirkenden Kräfte A_2 , L_2 , B_1' , dass sich diese in einem Punkte a_2' schneiden. Dann bekommt man A_0 aus der Momentengleichung, bezogen auf u_1 :

$$A_0 = H \frac{v_1 - v}{u_1} \dots \dots \dots (14^a)$$

Die Momentengleichung für alle äusseren Kräfte, bezogen auf a_1 , gibt:

$$A_2 = A_0 + H \frac{v}{l} \dots \dots \dots (15)$$

also:

$$A_2 = H \left(\frac{v_1 - v}{u_1} + \frac{v}{l} \right) \dots \dots \dots (15^a)$$

Das Gleichgewicht der äusseren Kräfte gibt weiter:

$$A_1 = -(A_0 + A_2) = -H \left(2 \frac{v_1 - v}{u_1} + \frac{v}{l} \right) \dots \dots \dots (16^a)$$

Die Stabspannung L_1 folgt aus der Momentengleichung, bezogen auf a_0'' :

$$L_1 = -H \frac{v - v_0}{r_1} \quad (17^a)$$

und die Stabspannung L_2 aus dem Gleichgewichte im Knotenpunkte a_1 :

$$L_2 = H \frac{v_0 + v_0' - v}{r_1} \quad (18^a)$$

Alle Einflusslinien sind Gerade (in Fig. 11. $b-e$ Gerade $\overline{a_0 b_1}$, bezogen auf $\overline{a b}$).

Wird die Scheibe II durch eine in gleicher Richtung, wie zuvor, wirkende Last H belastet, so bekommt man die entsprechenden Werte durch Verwechslung der rechten und linken Seite des Trägers (also durch Verwechslung von A_0 und A_2 , L_1 und L_2) und durch Umkehrung des Sinnes der Last H , also durch Änderung der Vorzeichen, sodass für diesen Fall:

$$A_0 = -H \left(\frac{v_1 - v}{u_1} + \frac{v}{l} \right) \quad (14^b)$$

$$A_2 = -H \frac{v_1 - v}{u_1} \quad (15^b)$$

$$A_1 = H \left(2 \frac{v_1 - v}{u_1} + \frac{v}{l} \right) \quad (16^b)$$

$$L_1 = -H \frac{v_0 + v_0' - v}{r_1} \quad (17^b)$$

$$L_2 = H \frac{v - v_0}{r_1} \quad (18^b)$$

Die Einflusslinien sind wieder Gerade $\overline{b_1 a_2}$, bezogen auf \overline{ab} .

Die Längen v_1 , u_1' , u_1 , r_1 lassen sich in der Form bestimmen:

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= \frac{h l \tan \alpha}{2 l \tan \alpha - h}, & u_1' &= \frac{h l}{2 l \tan \alpha - h} \\ u_1 &= 2 l \frac{l \tan \alpha - h}{2 l \tan \alpha - h}, & r_1 &= 2 (l \tan \alpha - h) \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad . . . (19)$$

2. Die Einflusslinien lassen sich auch durch Zeichnung ermitteln, indem man die Ordinaten in a_1 , b_1 , a_2 als Stützenwiderstände und Spannungen bestimmt, welche durch die Belastung $H=1$ in jenen Punkten

hervorgerufen werden. Wirkt die Last H auf die Scheibe I, so folgen alle Kräfte aus dem Gleichgewichte von A_0 , H , B_1' , L_1 (Fig. 11.f). Auf dieselbe Weise bestimmt man die durch $H' = 1$ in a_0 (Fig. 11.g) und durch $H'' = 1$ in b_1 (Fig. 11.h) hervorgerufenen Kräfte.

3. Wird die linke Hälfte gleichförmig wagerecht belastet, so folgt aus den Einflussflächen, wenn q_v die Belastung für die Längeneinheit bedeutet:

$$\left. \begin{aligned} A_0^{(l)} &= \frac{1}{2} q_v h \frac{2v_1 - h}{u_1}, & A_2^{(l)} &= \frac{1}{2} q_v h \frac{h}{u_1}, & A_1^{(l)} &= -\frac{1}{2} q_v h \frac{v_1}{u_1} \\ L_1^{(l)} &= \frac{1}{2} q_v h \frac{2v_0 - h}{r_1}, & L_2^{(l)} &= \frac{1}{2} q_v h \frac{h + v_0'}{r_1} \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Wirkt die Belastung auf die rechte Hälfte, so gilt allgemein:

$$S^{(r)} = -S^{(l)} \quad \dots \dots \dots (21)$$

In die oberen Formeln ist q_v $\left\{ \begin{array}{l} \text{positiv} \\ \text{negativ} \end{array} \right\}$ einzusetzen, wenn die Belastung von $\left\{ \begin{array}{l} \text{links} \\ \text{rechts} \end{array} \right\}$ nach $\left\{ \begin{array}{l} \text{rechts} \\ \text{links} \end{array} \right\}$ wirkt.

§ 11. Fester Stützpunkt aussen.

1. Wird a_0 als fester Stützpunkt angenommen, so ist: $H_0 = H$. Das Gleichgewicht in a_1 liefert:

$$L_1 = L_2 = -\frac{A_1}{2 \sin \alpha} \quad \dots \dots \dots (22)$$

Wirkt die Last H auf die linke Trägerhälfte, so hat die Kraft in b_1 die Lage B_1' , und A_0 bekommt man aus der Momentengleichung, bezogen auf u_1 :

$$A_0 = -H \frac{v}{u_1} \quad \dots \dots \dots (23^a)$$

Wie im § 10 bekommt man ferner:

$$A_2 = A_0 + H \frac{v}{l} = -H \frac{u_1' v}{u_1 l} \quad \dots \dots \dots (24^a)$$

$$A_1 = -(A_0 + A_2) = H \frac{l + u_1'}{u_1 l} v \quad \dots \dots \dots (25^a)$$

Sämtliche Einflusslinien sind Gerade $\overline{a_0 b_1}$, bezogen auf $\overline{a_0 b'}$ (Fig. 11.b—e).

Bei Belastung der rechten Trägershälfte durch die Last H liefert die Momentengleichung für die Kräfte, welche auf die Scheibe I wirken, wenn man b_1 als Drehpunkt annimmt, mit Rücksicht auf Gleichung (22) und $A_1 = -(A_0 + A_2)$:

$$A_0 \frac{2l-d}{d} - A_2 + 2H \frac{h}{d} = 0.$$

Das Gleichgewicht aller äusseren Kräfte liefert (aus Momentengleichung, bezogen auf a_1):

$$A_0 - A_2 + H \frac{v}{l} = 0.$$

Aus beiden Gleichungen ermittelt man

$$A_0 = -H \frac{2lh - vd}{2l(l-d)} \dots \dots \dots (23^b)$$

$$A_2 = -H \frac{2lh - v(2l-d)}{2l(l-d)} \dots \dots \dots (24^b)$$

A_1 bekommt man, wie erwähnt:

$$A_1 = -(A_0 + A_2) = H \frac{2h - v}{l-d} \dots \dots \dots (25^b)$$

Die Einflusslinien sind Gerade $\overline{b_1 a_2}$, bezogen auf $\overline{a_0 b'}$.

Das Verhältnis der Länge d zu den schon ermittelten Längen u_1, u'_1 geben die folgenden Gleichungen an:

$$d = \frac{h}{\tan \alpha}, \quad u_1 = 2l \frac{l-d}{2l-d}, \quad u'_1 = \frac{ld}{2l-d} \dots \dots \text{zu (19)}$$

2. Die Belastung der Scheibe I durch eine Last H ruft in b_1 eine Kraft B_1' hervor. Das Gleichgewicht von A_2, A_1, L_1, B_1' hat zur Folge, dass die Resultante (L_1, B_1') senkrecht sein muss, worauf man aus dem Gleichgewichte der Kräfte A_0, H_0, H, B_1', L_1 , welche auf die Scheibe I wirken, alle Unbekannten bestimmen kann (Fig. 11.i). Auf dieselbe Weise bekommt man den Einfluss der Last $H'' = 1$ in b_1 (Fig. 11.k). Die Belastung der Scheibe II kann man in die Punkte b_1 und a_2 zerlegen. Die Last $H''' = 1$ in a_2 ist mit H_0 symmetrisch, weshalb die Kraft B_1''' in b_1 wagerecht sein muss; dann kann man leicht die Stützenwiderstände und Spannungen der Auflagerstäbe bestimmen (Fig. 11.l).

Die so ermittelten Ordinaten der Einflusslinien in b_1, a_2 bestimmen diese auch vollständig.

3. Wagerechte gleichförmige Belastung (q_v für die Längeneinheit) der linken Hälfte gibt:

$$\left. \begin{aligned} A_0^{(l)} &= -\frac{1}{2} q_v \frac{(2l-d) h^2}{2l(l-d)}, & A_2^{(l)} &= -\frac{1}{2} q_v \frac{d h^2}{2l(l-d)} \\ A_1^{(l)} &= \frac{1}{2} q_v \frac{h^2 (l+u_1')}{u_1 l} \end{aligned} \right\} . \quad (26)$$

Ebensolche Belastung der rechten Hälfte liefert:

$$\left. \begin{aligned} A_0^{(p)} &= -\frac{1}{2} q_v \frac{(4l-d) h^2}{2l(l-d)}, & A_2^{(p)} &= -\frac{1}{2} q_v \frac{(2l+d) h^2}{2l(l-d)} \\ A_1^{(p)} &= \frac{1}{2} q_v \frac{3 h^2}{l-d} \end{aligned} \right\} . \quad (27)$$

II. Bogenträger.

A) Über den Stützpunkten nicht getrennte Träger.

§ 12.

Ein Träger mit n Öffnungen, inneren verschieblichen und äusseren festen Stützpunkten besitzt: $2.2 + (n-1) = n + 3$ unbekannte Komponenten der Stützenwiderstände. Da die Anzahl der Gleichgewichtsbedingungen der äusseren Kräfte nur drei beträgt, muss ein statisch bestimmter Träger n Mittelgelenke enthalten. Ein symmetrischer Träger von gerader Anzahl der Öffnungen ist aber statisch unbestimmt, da bei beliebiger Belastung das Gleichgewicht überhaupt nicht möglich ist (Fig. 13.).

§ 13. Träger mit drei Öffnungen.

1. Stützenwiderstände: Wird nur die Scheibe I belastet, so wirken auf die Scheibe IV nur die Kräfte in a_3 und c_3 , welche in derselben Geraden C_3' wegen des Gleichgewichtes wirken müssen (Fig. 14. a). Das Gleichgewicht der Kräfte A_2 , C_2' , C_3' , die an der Scheibe III angreifen, erfordert, dass sie sich in einem Punkte a_2' schneiden, ebenso A_1 , C_2' , C_1' in a_1'' . C' sind überhaupt die Lagen der Kräfte in den Gelenken c , falls die Belastung links vom Gelenke angreift. Ähnlich bekommt man C'' als Lagen der Kräfte bei rechts angreifender Belastung. Beliebige Belastung der ersten Öffnung ist mit dem Stützenwiderstande in a_0 und mit der Resultante von (A_1, C_2') in a_1'' im Gleichgewichte. Der Träger-

teil $a_0 a_1$ verhält sich also im Falle einer Belastung in der ersten Öffnung wie ein Bogen mit drei Gelenken a_0, c_1, a_1'' , ebenso der Trägerteil $a_1 a_2$ bei eigener Belastung wie ein Bogen mit drei Gelenken a_1', c_2, a_2' .

Die Einflusslinien aller Stützenwiderstände ermittelt man zeichnerisch mit Hilfe der Ordinaten in c_1, c_2, c_3 (Fig. 14. *b, c*). Alle Stützpunkte sind Nullpunkte für sämtliche Stützenwiderstände mit Ausnahme des senkrechten Widerstandes der betreffenden Stütze.

Das genügt schon zur Ermittlung der Einflusslinien (Fig. 14. *d, e, f*). Die ausschliessliche Belastung der ersten Öffnung ist im Gleichgewichte mit A_0, H_0 und C_1' ; der Schnittpunkt a_1''' von H_0 und C_1' bildet also den geometrischen Nullpunkt für die Einflussgerade von A_0 im Bereiche der Scheibe I. Die Einflussgerade von A_0 für die Scheibe II besitzt die Ordinate $P=1$ im Punkte a_0'' , in welchem die durch a_1'' gelegte Wagerechte die Kämpferdrucklinie $a_0 c_1$ schneidet.

Die ausschliessliche Belastung der Scheibe II ist im Gleichgewichte mit A_1, C_1'' und C_2' , sodass der Schnittpunkt s_1 von C_1'' , C_2' den Nullpunkt für die betreffende Einflussgerade von A_1 bildet. Die Einflussgerade für die Scheibe I besitzt die Ordinate $P=1$ im Punkte c_1' , der auf der Kämpferdrucklinie $a_1'' c_1$ durch die Gerade $a_0 c_1' \parallel C_2'$ gegeben wird.

2. Stabspannungen: Die Einflusslinien der Stabspannungen (Fig. 14. *m, n, o*) bekommt man in der Öffnung, die den Stab enthält, auf Grund des betreffenden Dreigelenkbogens, der die Öffnung bei eigener Belastung ersetzen kann (also bei D_m, D_n in der ersten Öffnung wie für den Bogen $a_0 c_1 a_1''$, bei D_r in der zweiten Öffnung wie für den Bogen $a_1' c_2 a_2'$). Der weitere Verlauf der Einflusslinien folgt aus dem in § 2, 2. bewiesenen Satze mit Hilfe der Stützen als Nullpunkte.

B) Über den Stützpunkten getrennte Träger.

§ 14.

Ist ein Träger mit n Öffnungen auf den inneren Stützpunkten so getrennt, dass die beiden Teile nur durch das Auflagergelenk verbunden sind, so enthält er schon $(n-1)$ Gelenke, bedarf also nach § 12. nur eines Mittelgelenkes in beliebiger Öffnung.

§ 15. Träger mit drei Öffnungen und mit einem Scheitelgelenk in der Mitte.

1. Stützenwiderstände: Beliebige senkrechte Belastung in der $\left\{ \begin{array}{c} \text{ersten} \\ \text{dritten} \end{array} \right\}$ Öffnung beansprucht die

Scheibe $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{I} \\ \text{IV} \end{smallmatrix} \right\}$ wie einen Balkenträger, beliebige Belastung in der zweiten Öffnung die Scheiben II, III wie einen Dreigelenkbogen $a_1 c_2 a_2$, der auf die Scheiben I, IV seinen Horizontalschub überträgt. Das genügt schon zur Bestimmung der Einflusslinien der Stützenwiderstände A_0, A_3 (Fig. 15. *c*), A_1 (Fig. 15. *d*; sind die Stützpunkte gleich hoch, so gilt das Gesetz des Balkenträgers für die erste und ebenso für die zweite Öffnung) und $H_0 = H_3 = H$ (Fig. 15. *e*; die Einflusslinie wird durch die Ordinate H' in c_2 , deren Ermittlung Fig. 15. *b* zeigt, vollständig bestimmt).

2. Stabspannungen: Die Einflusslinien der Stabspannungen in der mittleren Öffnung bekommt man wie bei einem Dreigelenkbogen $a_1 c_2 a_2$; die Belastung der beiden äusseren Öffnungen hat auf die Spannungen der Stäbe der mittleren Öffnung keinen Einfluss. Die Stabspannungen der Scheibe I ermittelt man bei Belastung der ersten Öffnung wie bei einem Balkenträger (Fig. 15. *h, i, k*). Die Belastung der zweiten Öffnung ruft in den äusseren Stützpunkten nur einen Horizontalschub H hervor; die Einflusslinien für die Stäbe der Scheibe I in der zweiten Öffnung werden also durch die Ordinaten in c_2 bestimmt, und diese bekommt man als Stabspannungen bei Belastung der Scheibe I durch H' (Fig. 15. *g*).

§ 16. Träger von drei Öffnungen mit einem Scheitelgelenk in der äusseren Öffnung.

1. Stützenwiderstände: Fig. 16. gibt das System der Hauptträger eines Projektes bei dem zweiten Brückenwettbewerb zu Mannheim an (s. »Centralblatt der Bauverwaltung«, 1901). Die Einflusslinien der Stützenwiderstände bestimmt man wie im § 15.

2. Stabspannungen: In der ersten Öffnung geht man wie bei einem Dreigelenkbogen $a_0 c_1 a_1$ vor, in der dritten Öffnung bei eigener Belastung wie bei einem Balken $a_2 a_3$ (Fig. 16. *l*); der Trägerteil in der ersten Öffnung wirkt bei eigener Belastung auf den restlichen Träger durch seinen Horizontalschub.

Der Trägerteil in der zweiten Öffnung ist aus zwei starren Scheiben zusammengesetzt, welche durch das Gelenk c_2 und den dritten Gurt K verbunden werden. In der Nähe der Auflager, wo der dritte Gurt nicht vorhanden ist, geht man wie in der dritten Öffnung vor (Fig. 16. *n*). Die Resultante der Stabspannung K und des Stützenwiderstandes $\left\{ \begin{smallmatrix} A_1 \\ A_2 \end{smallmatrix} \right\}$ geht durch $\left\{ \begin{smallmatrix} a_1' \\ a_2' \end{smallmatrix} \right\}$. Der Trägerteil in der zweiten Öffnung verhält sich also in der Länge des dritten Gurtes wie ein Dreigelenkbogen $a_1' c_2 a_2'$, dessen Horizontalschub der Gurt K übernimmt. Die Einflusslinie für K (Fig. 16. *m*)

in der zweiten Öffnung ist also identisch mit jener für den Horizontal-
schub des erwähnten Bogens; den Einfluss der Belastung der ersten Öffnung
auf K bekommt man aus dem entsprechenden Horizontalschube des Bo-
gens $a_0 c_1 a_1$, die Ordinate K'' in c_1 also aus H' (Fig. 16. *k*) mit Hilfe der
Gleichgewichtsbedingung, die das Gelenk c_2 liefert. Die Spannungen der
Stäbe in jenem Trägerteile, der den Gurt K enthält, bestimmt man für
die Belastung der zweiten Öffnung wie bei einem Dreigelenkbogen $a_1' c_2 a_2'$
(Fig. 16. *o*), für die Belastung der ersten Öffnung aus der betreffenden
Spannung K , die Ordinate D_{II}^{IV} in c_1 also aus K'' (Fig. 16. *k*).

C) Bogenträger mit Gelenkvierecken über den Stützen.

§ 17.

Im Vergleich zum Balkenträger enthält ein Bogenträger mit zwei
festen Stützpunkten um einen unbekannten Stützenwiderstand mehr, sodass
bei Gelenkvierecken über allen inneren Auflagern ein Mittelgelenk vor-
handen sein muss, wenn der Träger statisch bestimmt sein soll.

§ 18. Träger von drei Öffnungen mit inneren festen Stützpunkten.

1. Stützenwiderstände und Spannungen der Auflager-
stäbe: Wirkt die Belastung nur auf die Scheibe I (Fig. 17. *a*), so müssen
sich die Kräfte A_3, L_4, B_2' in einem Punkte a_2' schneiden, ebenso $B_2',$
 L_3, C_2' im rechten Festpunkte u_3 der Scheibe III und C_2', L_2, B_1'
im rechten Festpunkte u_2 der Scheibe II. Auf die Scheibe I wirken ausser
der Belastung die Kräfte A_0, L_1, B_1' , sodass bei senkrechter Belastung
die Resultante U_1 von L_1, B_1' , die im rechten Festpunkte u_1 wirkt, senk-
recht sein muss. Die Scheibe I verhält sich also bei eigener
Belastung wie ein Balkenträger $a_0 u_1$.

Die Lage der Kräfte in den Gelenken b_1, c_2, b_2 bei einer rechts vom
Gelenk angreifenden Belastung ist B_1'', C_2'', B_2'' ; diese schneiden die
Auflagerstäbe L_2, L_3, L_4 in den linken Festpunkten t_2, t_3, t_4 . Im
Falle einer Belastung in der zweiten Öffnung wirken auf die Scheibe
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{II links} \\ \text{III rechts} \end{array} \right\}$ die Kräfte $\left\{ \begin{array}{l} B_1'', L_2 \\ B_2', L_3 \end{array} \right\}$, deren Resultante durch $\left\{ \begin{array}{l} t_2 \\ u_3 \end{array} \right\}$ geht. Die
Scheiben II, III kann man also bei eigener Belastung als
einen Dreigelenkbogen $t_2 c_2 u_3$ berechnen. Man kann weiter
leicht nachweisen, dass man als Nullpunkte für beliebigen senk-
rechten Stützenwiderstand oder Spannung eines Auflager-
stabes $\left\{ \begin{array}{l} \text{rechts} \\ \text{links} \end{array} \right\}$ vom betreffenden Stützpunkte $\left\{ \begin{array}{l} \text{rechte} \\ \text{linke} \end{array} \right\}$ Fest-
punkte erhält. Nur u_2 bildet hievon für A_1, L_2 eine Ausnahme.

Die Einflussordinaten in b_1, c_2, b_2 lassen sich leicht zeichnerisch ermitteln (Fig. 17. b, c); diese reichen schon zur Bestimmung der Einflusslinien (Fig. 17. $d-h$) aus, die Nullpunkte gewähren Kontrollen. Die Belastung der Scheibe II ist im Gleichgewichte mit L_2, B_1'', C_2' , weshalb der Schnittpunkt s_2 von B_1'', C_2' den Nullpunkt für die Einflussgerade von L_2 zwischen b_1, c_2 bildet. Wenn es sich nur um die Belastung der zweiten Öffnung handelt, müssen A_0, B_1'', L_2, A_1, H im Gleichgewichte sein; es ist also H gleich der wagerechten Komponente von (B_1'', L_2) , also gleich dem Horizontalschube des Bogens $t_2 c_2 u_3$, der die zweite Öffnung bei eigener Belastung ersetzen kann. Sonst bekommt man im Punkte a_1 :

$$A_1 = -(L_1 \sin \alpha_1 + L_2 \sin \alpha_2), \quad H = L_1 \cos \alpha_1 - L_2 \cos \alpha_2.$$

2. Stabspannungen: Für die Stäbe der Scheibe I geht man in der ersten Öffnung wie bei einem Balken $a_0 u_1$ vor (Fig. 18 g, h); rechts bilden alle rechten Festpunkte Nullpunkte. Für die Stäbe der Scheiben II, III (Fig. 18. $i-m$) ermittelt man die Einflusslinien in der zweiten Öffnung wie bei einem Dreigelenkbogen $t_2 c_2 u_3$, in den äusseren Öffnungen bekommt man als Nullpunkte die äusseren Stützpunkte.

III. Bogen mit Zugbändern und Gelenkvierecken.

§ 19.

Ein durchgehender Fachwerksträger (Fig. 19.) soll in jeder Öffnung aus zwei starren Scheiben bestehen, welche durch je ein Mittelgelenk c , über den Auflagern durch Gelenkvierecke $a p b q$ und zwischen je zwei Auflagern durch dritten Gurt K verbunden sind. Bei n Öffnungen und einem festen Auflager ist: $\alpha_1 = n, \alpha_2 = 1$; die Anzahl der Stäbe (je zwei in den Gelenkvierecken und je ein dritter Gurt K in jeder Öffnung) beträgt: $\pi = 2(n-1) + n$, die der Gelenke b und c : $\kappa_1 = (n-1) + n$; man hat also zusammen: $\pi + \alpha_1 + 2\alpha_2 + 2\kappa_1 = 8n - 2$ Unbekannte. Der Träger enthält $\sigma = 2n$ Scheiben und $\beta = n - 1$ Knotenpunkte a , so dass er im ganzen: $2\beta + 3\sigma = 8n - 2$ Gleichgewichtsbedingungen liefert. Der Träger ist also statisch bestimmt.)*

§ 20. Träger mit drei Öffnungen.

1. Stützenwiderstände, Spannungen der Auflagerstäbe L und der dritten Gurte K : Wirkt die Belastung nur auf die Scheibe I,

*) Ein Träger dieser Art von drei Öffnungen wurde für eine Brücke über die Weser in Bremen empfohlen; Th. Rehbock behauptet im »Centralblatt der Bauverwaltung« 1894 (S. 290), dass sich diese Trägerart nur kinematisch berechnen lässt. Die nachfolgende Untersuchung beweist aber, dass auch hier die einfachsten Methoden ausreichen.

dann wird die Scheibe VI durch zwei in einer Geraden C_3' wirkenden Kräfte beansprucht; auf die Scheibe V wirkende Kräfte C_3' , L_4 , B_2' schneiden sich im rechten Festpunkte u_5 , dasselbe gilt auch von den Scheiben IV, III, II. Analogische Resultate bekommt man für die Belastung der Scheibe VI; dann kommen die linken Festpunkte t zur Geltung. Die in den Gelenken c wirkenden Kräfte haben bei beliebiger Belastung $\left\{ \begin{array}{l} \text{links} \\ \text{rechts} \end{array} \right\}$ vom Gelenk die Lagen $\left\{ \begin{array}{l} C' \\ C'' \end{array} \right\}$, die Kräfte in den Gelenken b die Lagen $\left\{ \begin{array}{l} B' \\ B'' \end{array} \right\}$.

Wird nur die erste Öffnung belastet, so ist diese Belastung im Gleichgewichte mit den Kräften A_0 , K_1 , deren Resultante durch a_0 , und mit L_1 , B_1' , deren Resultante durch u_2 geht. Die Belastung der zweiten Öffnung ist im Gleichgewichte mit L_2 , B_1'' , die durch den Punkt t_3 , und L_3 , B_2' , die durch u_4 gehen. Wenn man auch die äusseren Stützpunkte zu den Festpunkten zählt, dann gilt: Der Trägerteil in beliebiger Öffnung verhält sich bei eigener Belastung wie ein Dreigelenkbogen, dessen Gelenke die beiden äusseren Festpunkte t , u und das Scheitelgelenk c bilden.

Vorläufig sei vorausgesetzt, dass die Belastung auf alle Scheiben in ihrer ganzen Länge wirkt, und namentlich, dass die Gelenke c , b Knotenpunkte für die Belastung darstellen. Dann bekommt man leicht die Einflussordinaten in den Gelenken c , b als Kräfte, welche durch die im betreffenden Gelenke wirkende Belastung $P=1$ hervorgerufen werden (Fig. 19. *b*, *c*, *d*). Diese Ordinaten bestimmen schon die Einflusslinien der Stützwiderstände (Fig. 19. *e*, *i*), der Auflagerstäbe (Fig. 19. *g*, *h*) und der dritten Gurte (Fig. 19. *f*, *k*) vollständig. Zur Kontrolle dienen die Nullpunkte, deren Lage durch folgenden Satz bestimmt wird: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Rechte} \\ \text{Linke} \end{array} \right\}$ Festpunkte bilden Nullpunkte für alle Kräfte, welche auf die vorhergehenden $\left\{ \begin{array}{l} \text{linken} \\ \text{rechten} \end{array} \right\}$ Scheiben angreifen, also auch für die Stabspannungen jener Scheiben.

Die Belastung der Scheibe I ist im Gleichgewichte mit A_0 , K_1 , C_1' ; der Schnittpunkt a_1'' von K_1 , C_1' bildet also den Nullpunkt für die entsprechende Einflussgerade von A_0 . Die Einflussgerade für die Scheibe II besitzt die Ordinate $P=1$ im Schnittpunkte a_0'' von C_1'' und der Waagrechten durch u_2 ; man kann das beweisen, wenn man bei der Last in a_0'' so vorgeht, als wenn die Last auf die Scheibe II wirken würde.

Die Spannung des dritten Gurtes K in beliebiger Öffnung ist für die Belastung derselben Öffnung gleich dem Horizontalschube des Bogens $t c u$, der den Trägerteil in jener Öffnung ersetzen kann. Um das für K_2 zu beweisen, hat man nur nötig, für die Belastung der zweiten Öffnung das Gleichgewicht von

$A_0, A_1, K_2, L_2, B_1''$ zu erwägen; daraus folgt, dass K_2 gleich der Horizontalkomponente von (L_2, B_1'') gleich sein muss, und (L_2, B_1'') ist dann die in t_3 angreifende Reaktion des Bogens $t_3 c_2 u_4$. Weiter folgt, dass in der Öffnung, welche den Gurt K enthält, beide äusseren Festpunkte Nullpunkte für K darstellen. K_2 folgt auch aus dem Gleichgewichte in den Knotenpunkten a_1, a_2 :

$$K_2 = K_1 + L_1 \cos \alpha_1 - L_2 \cos \alpha_2 = K_3 + L_4 \cos \alpha_4 - L_3 \cos \alpha_3,$$

wenn α die Winkel von L mit der Wagerechten bedeuten. Dann sind u_4, u_5, t_2, t_3 Nullpunkte für K_2 .

Die Belastung der Scheibe II ist im Gleichgewichte mit L_1, C_1'', B_1' , sodass der Schnittpunkt s_1 von C_1'', B_1' den Nullpunkt für L_1 bei jener Belastung bildet. Ebenso erhält man den Schnittpunkt s_2 von B_1'', C_2' als Nullpunkt für L_2 bei Belastung der Scheibe III. Der Stützenwiderstand $A_1 = -(L_1 \sin \alpha_1 + L_2 \sin \alpha_2)$; die für L_1, L_2 gemeinsamen Nullpunkte sind also auch Nullpunkte für A_1 .

2. Stabspannungen: In der Öffnung, welcher der Stab angehört, ermittelt man die Einflusslinie der Stabspannung wie für den Dreigelenkbogen $t c u$; $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{rechts} \\ \text{links} \end{smallmatrix} \right\}$ von jener Öffnung bilden die $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{rechten} \\ \text{linken} \end{smallmatrix} \right\}$ Festpunkte aller Scheiben Nullpunkte (Fig. 20. *h, i, k*). Auf dieselbe Weise kann man auch bei den Stäben vorgehen, welche in den Gelenken b enden, also z. B. bei H_{n+1}, D_{n+1} (Fig. 20. *l, m*). Anders kann man diese Spannungen mit Hilfe der im Gelenke b wirkenden Kraft B ermitteln; daraus folgt, dass $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{rechts} \\ \text{links} \end{smallmatrix} \right\}$ vom Gelenke b alle $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{rechten} \\ \text{linken} \end{smallmatrix} \right\}$ Festpunkte Nullpunkte darstellen. Dann genügen die Ordinaten H_{n+1}^V, D_{n+1}^V , welche in b_1 die wirkliche Einflusslinie abschneidet und die bei Belastung $P=1$ in b_1 als Komponenten von B_1' ermittelt werden können (Fig. 20. *d*), und die Ordinaten $H_{n+1}^{IV}, D_{n+1}^{IV}$, welche in b_1 die rechtsseitigen Einflussgeraden für die Scheibe III abschneiden; diese bekommt man so, als wenn die Belastung $P=1$ rechts wirken würde, also auf Grund des Gleichgewichtes mit B_1'' (Fig. 20. *d*). Weitere Kontrollen sind aus der Figur ersichtlich.

Wenn die Belastung auf die Scheiben nicht in ihrer ganzen Länge übertragen wird, wie bisher vorausgesetzt wurde, sondern wenn sie direkt in a_1, a_2 (und nicht in b_1, b_2) wirkt, dann muss man nachträglich alle Einflusslinien so ändern, dass in allen inneren Stützpunkten die Ordinaten aller Linien gleich Null sind (nur für den Widerstand derselben Stütze gilt $P=1$ als Ordinate). In jedem angrenzenden Feld ($p_1 a_1, a_1 q_1$ bei a_1 und $p_2 a_2, a_2 q_2$ bei a_2) ist die Einflusslinie eine Gerade. In Fig. 19., 20. gelten die voll ausgezogenen Linien für den zweiten Fall (Belastung wirkt auf a_1, a_2), die strichpunktierten für den ersten (Belastung wirkt auf b_1, b_2 .)

IV. Formänderung der Träger mit Gelenkvierecken über den Stützen.

§ 21.

1. Verbindet man in den Gelenkvierecken die Stützpunkte a mit den Gelenken b durch Hilfsstäbe, für deren Längenänderung man die Änderung der Diagonale \overline{ab} annimmt, welche der Formänderung des Trägers bei gegebener Form und Belastung entspricht, und vernachlässigt man so viel Auflagerbedingungen, wie viel Hilfsstäbe angenommen wurden, dann ändert sich nichts am Formänderungszustand des Trägers. Die Änderung der Entfernung s' zweier Knotenpunkte a, b , welche durch keinen Stab verbunden sind, ermittelt man mit Hilfe der Spannungen σ , welche die in $\begin{Bmatrix} a \\ b \end{Bmatrix}$ im Sinne $\begin{Bmatrix} ba \\ ab \end{Bmatrix}$ wirkende Belastung $P=1$ hervorruft, nach der Formel, die aus dem Prinzip der virtuellen Verschiebungen folgt:

$$\Delta s' = \Sigma \sigma \Delta s \dots\dots\dots (28).$$

Beide Lasten $P=1$, obwohl sie sich im Gleichgewichte befinden rufen doch in diesem Falle gewisse Stützenwiderstände hervor; diese bilden natürlich auch ein Gleichgewichtssystem. Ist die Diagonale ab senkrecht, so kann man $\Delta s'$ auch als senkrechte Verschiebung des Punktes b ermitteln, also mit Hilfe der Spannungen σ , die einer in b nach unten wirkenden Last $P=1$ entsprechen:

$$\Delta s' = - \Sigma \sigma \Delta s \dots\dots\dots (28^a).$$

Die Spannungen σ sind den Einflussordinaten in b gleich.

Bei Berechnung von $\Delta s'$ kann man die einzelnen Scheiben durch einfachste Stabsysteme (Dreiecke oder Vierecke) ersetzen; die Stäbe dieser Systeme verbinden die Gelenke, durch welche die Scheiben miteinander, mit den Auflagern und Auflagerstäben verbunden sind. Die Längenänderung dieser Stäbe muss man natürlich als Änderung der Entfernung jener Knotenpunkte bestimmen, welche der Stab verbindet; das geschieht z. B. mit Hilfe der Verschiebungspläne, welche für beliebig angenommene vorläufige Auflagerbedingungen gezeichnet werden.

2. Es soll die Einflusslinie der Durchbiegung der Mitte eines symmetrischen Trägers nach Fig. 21. *a*) ermittelt werden. Diese Einflusslinie bekommt man nach dem Gesetze von Maxwell als Biegelinie der belasteten Gurtung bei Belastung durch $P=1$ im

Punkte c_2 . Aus den Spannungen S bei dieser Belastung, den Stablängen s und den Querschnittsflächen U bestimmt man die Änderungen der Stablängen:

$$\Delta s = \frac{Ss}{EU}.$$

Dann kann man die Verschiebungspläne für die Scheiben $(a_0 c_1)$ $(c_1 b_1)$, $(b_1 c_2)$ zeichnen, wenn man z. B. annimmt, dass die Punkte a_0 , $5'$, $7'$ festliegen und $0''$, $5''$, $7''$ senkrecht verschieblich sind (Fig. 21.b, c, d).

Infolge der Symmetrie ist: $\Delta a_1 \overline{b_1} = \Delta a_2 \overline{b_2} = \Delta h$. Bei Berechnung von Δh nach Gl. (28^a) kann man die Scheibe $(a_0 c_1)$ durch den Stab $\overline{a_0 c_1} = s_1'$, die Scheibe $(c_1 b_1)$ durch das Dreieck $c_1 5' b_1$, die Scheibe $(b_1 c_2)$ durch das Dreieck $b_1 7' c_2$ ersetzen (Fig. 21.e). Die Änderungen der Längen s_1' , s_2' s_5' ermittelt man mit Hilfe der schon gezeichneten Verschiebungspläne. Die Belastung $P = 1$ in b_1 gibt in den Stäben s_1' s_2' , d_6 , d_7 , l_1 , l_2 , k_1 , k_2 , der $\left\{ \begin{array}{l} \text{linken} \\ \text{rechten} \end{array} \right\}$ Trägerhälfte die Spannungen (Fig. 21.f):

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_1', \sigma_2', \delta_6, \delta_7, \lambda_1, \lambda_2, \kappa_1 \\ \sigma_1'', \sigma_2'', \delta_6', \delta_7', \lambda_1', \lambda_2', \kappa_1' \end{array} \right\}, \kappa_2.$$

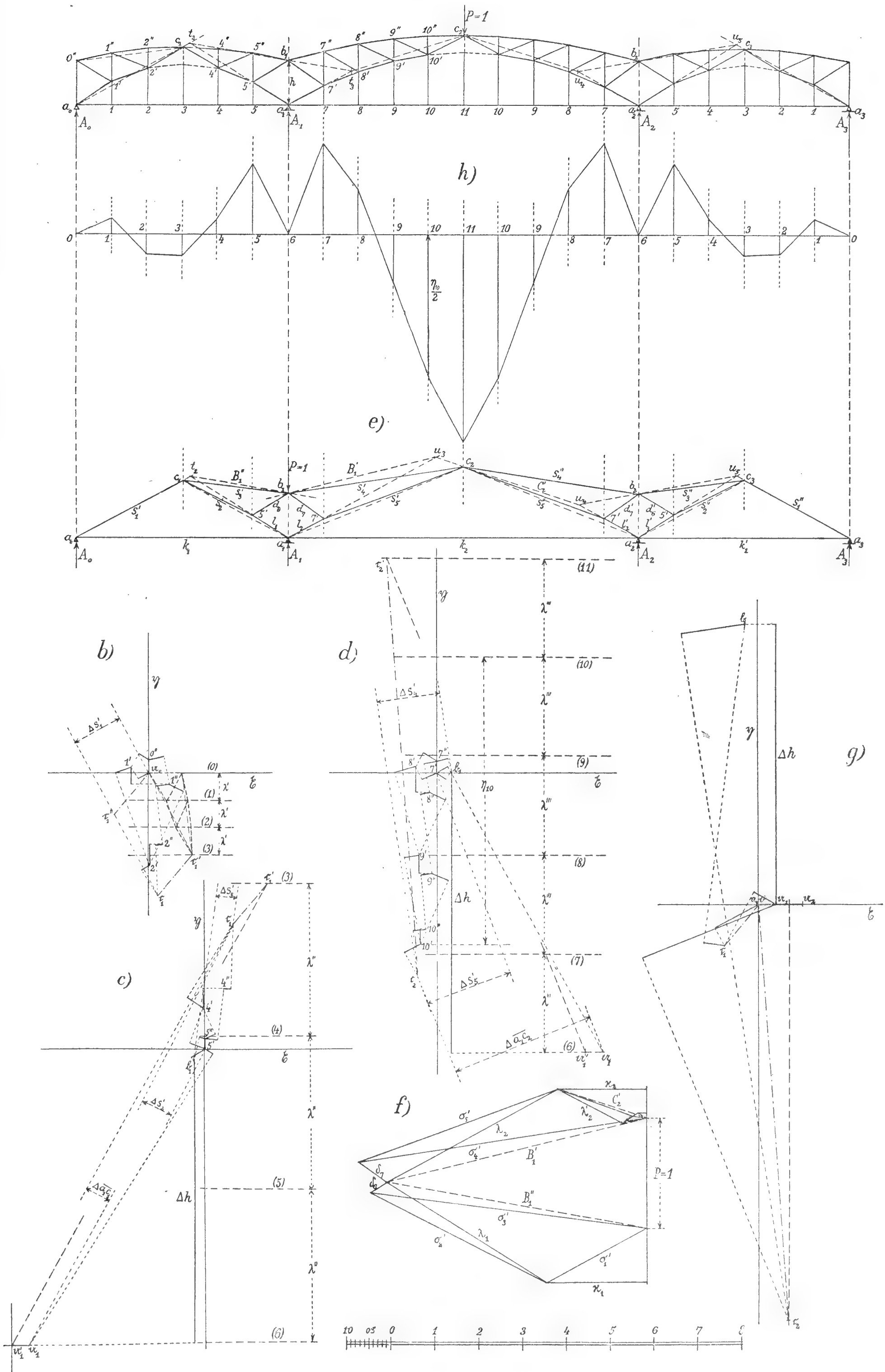
Es ist dann:

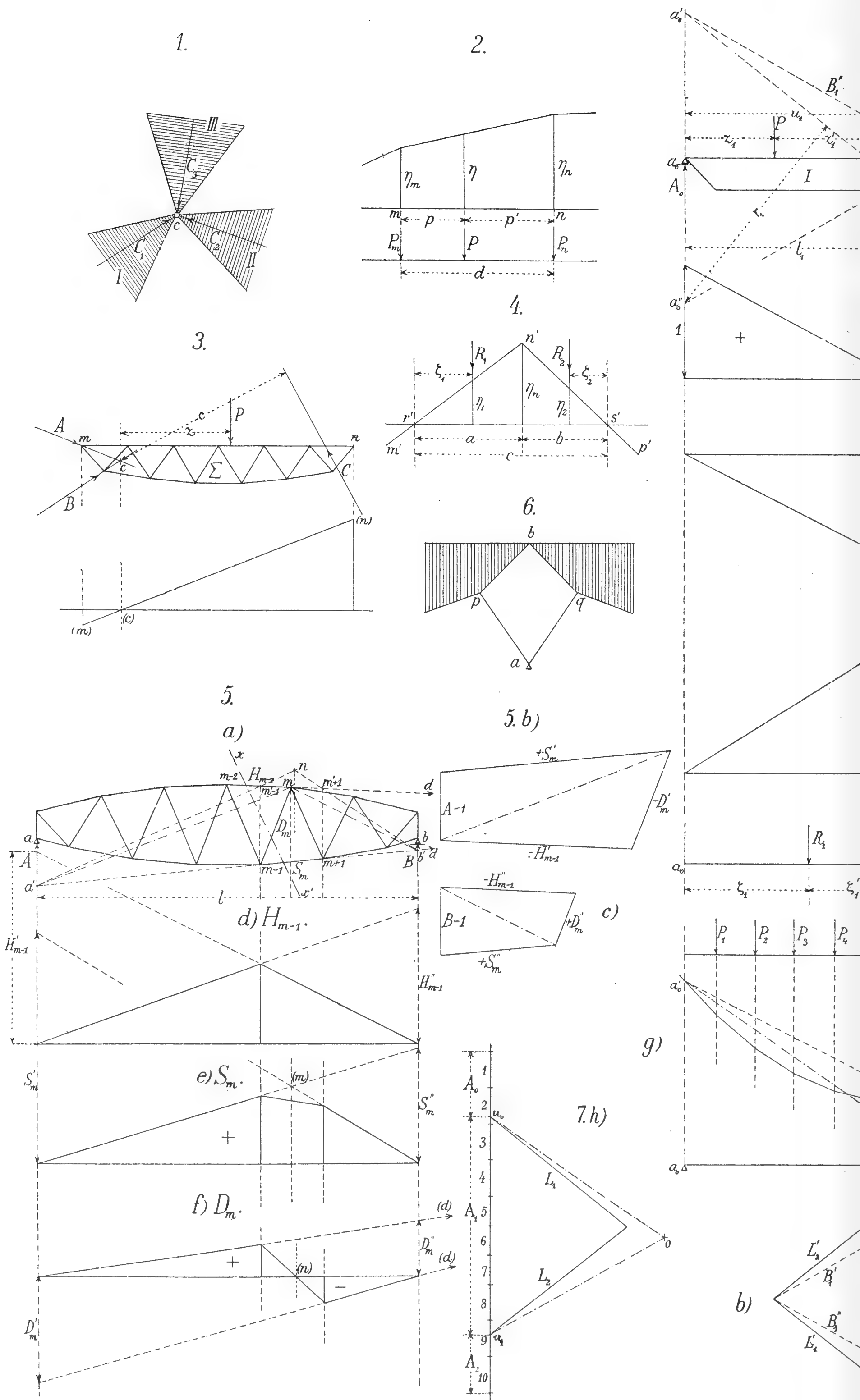
$$\begin{aligned} \Delta h = - \sum \sigma \Delta s = - \{ & (\sigma_1' + \sigma_1'') \Delta s_1' + (\sigma_2' + \sigma_2'') \Delta s_2' + \dots \\ & + (\delta_6 + \delta_6') \Delta d_6 + (\delta_7 + \delta_7') \Delta d_7 + \\ & + (\lambda_1 + \lambda_1') \Delta l_1 + (\lambda_2 + \lambda_2') \Delta l_2 + \\ & + (\kappa_1 + \kappa_1') \Delta k_1 + \kappa_2 \Delta k_2 \}. \end{aligned}$$

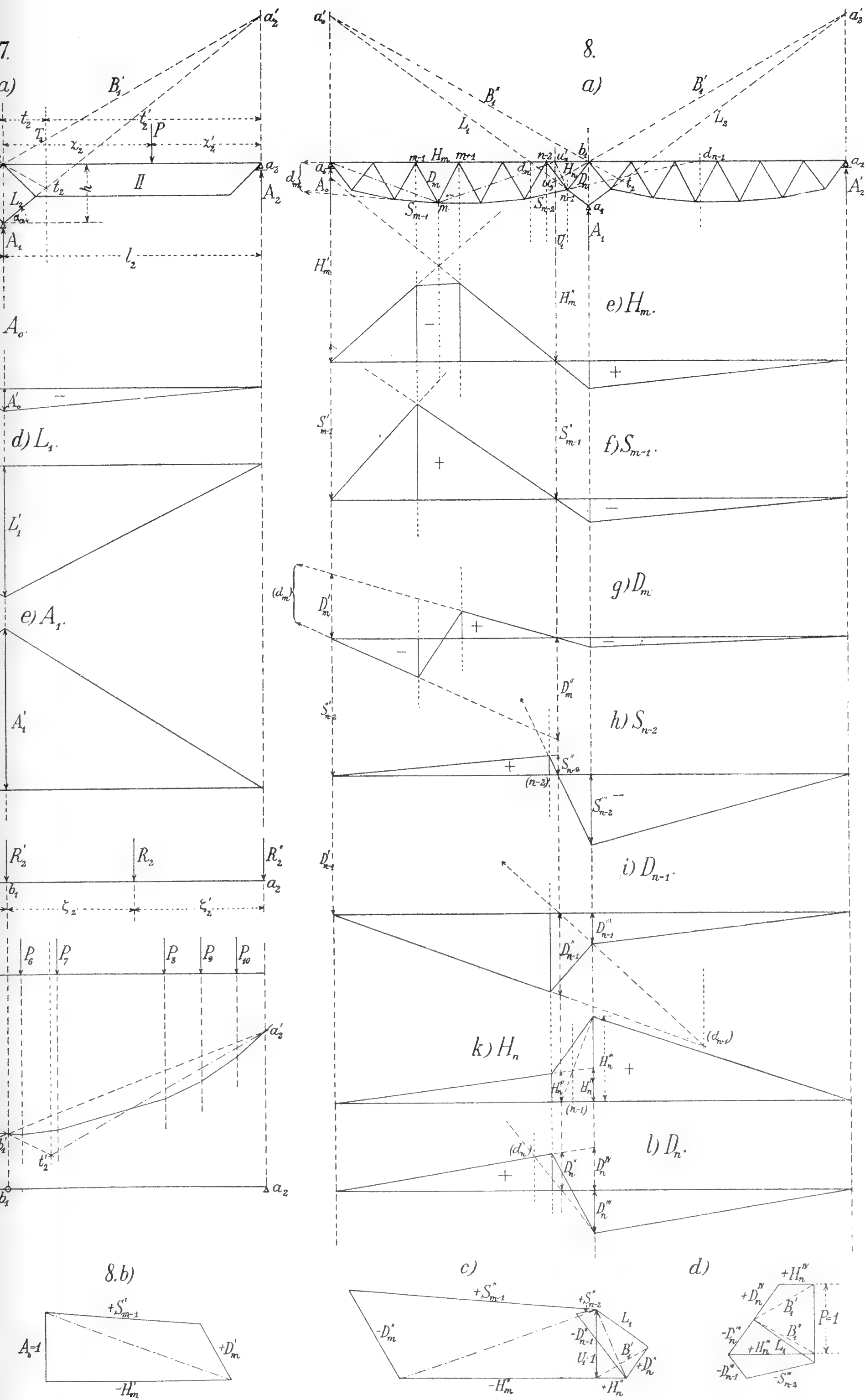
Die Einsetzung der Zahlenwerte für Δs nach dem Massstab in der Fig. 21. gibt: $\Delta h = +6.42$. Dann kann man den Verschiebungsplänen der Scheiben $(c_1 b_1)$, $(b_1 c_2)$ den Knotenpunkt a_1 beifügen und die Änderungen der Längen $\overline{a_1 c_1}$, $\overline{a_2 c_2}$ ermitteln (Fig. 21.c, d). Die wirklichen Verschiebungen der Punkte a_0 , c_1 , b_1 , a_2 , c_2 gibt jetzt ein neuer Verschiebungsplan (Fig. 21.g) für das Dreieckssystem, welches nur die genannten Knotenpunkte enthält und in a_0 fest, in a_1 wagerecht verschieblich gelagert ist; die übrigen Auflagerbedingungen werden durch die Änderungen Δh ersetzt. Der Punkt c_2 muss infolge der Symmetrie auf der Senkrechten durch die Mitte der Änderung $\overline{a_1 a_2}$ der Stablänge k_2 liegen.

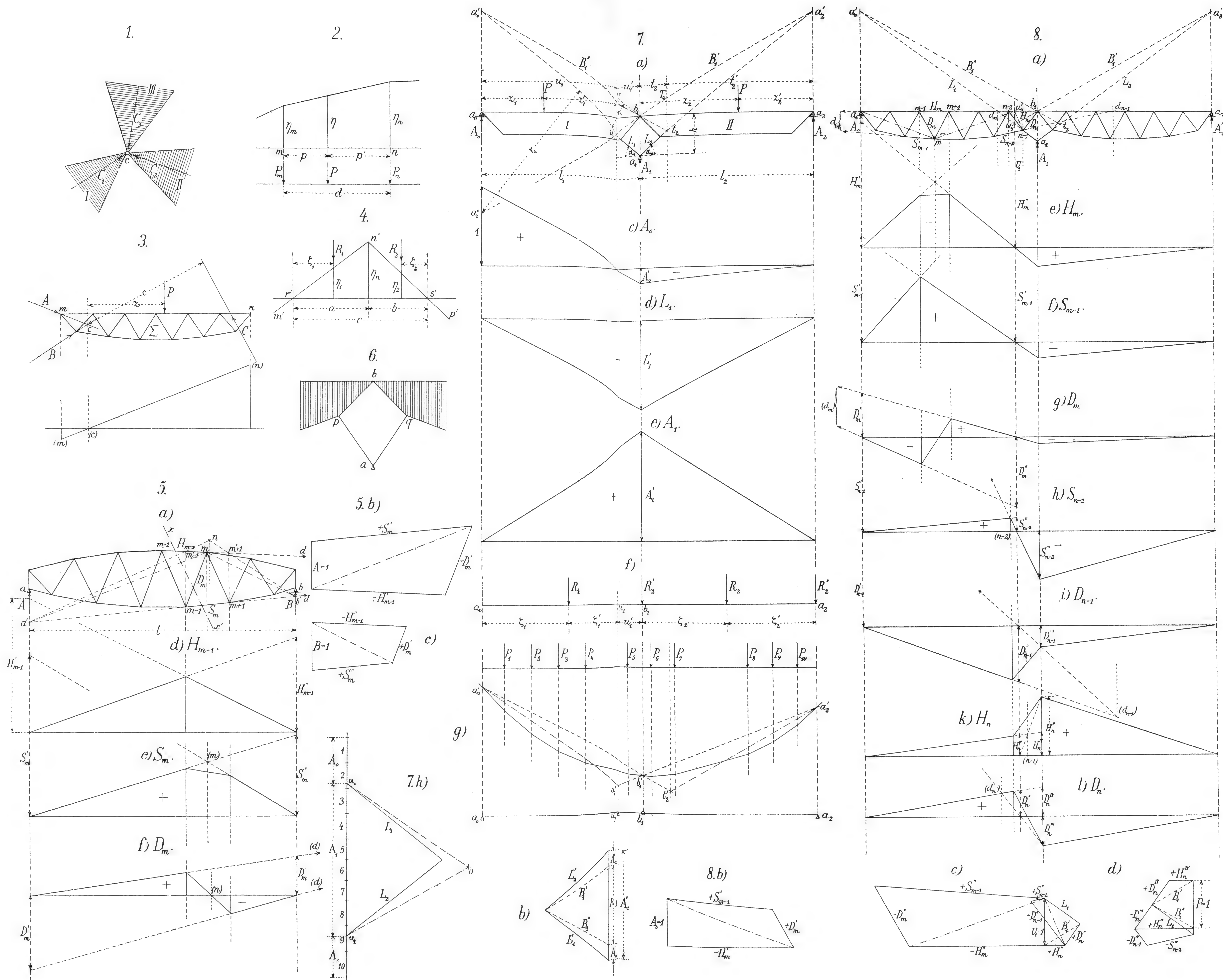
Die ermittelten Verschiebungen der Punkte a_0 , c_1 , b_1 , a_2 , c_2 ersetzen die wirklichen Auflagerbedingungen, welchen jetzt Genüge geleistet werden kann. Das kann z. B. im Verschiebungsplane der Scheibe $(c_1 b_1)$ (Fig. 21.c) so geschehen, dass man die Punkte a_1' , c_1' findet, zu denen die vorher bestimmten neuen Lagen a_1, c_1 durch die in Fig. 21.g) gegebenen wirklichen Verschiebungen $\overline{a_1}$ ($\nparallel \overline{a_1'} a_1$ in Fig. c), und $\overline{c_1}$ ($\nparallel \overline{c_1'} c_1$ in Fig. c) bezogen werden. Mit Hilfe der Punkte a_1' , c_1' (deren Verbindungslinie senkrecht

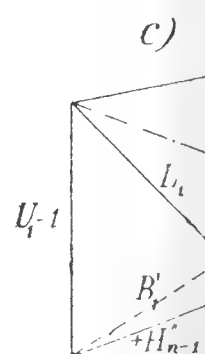
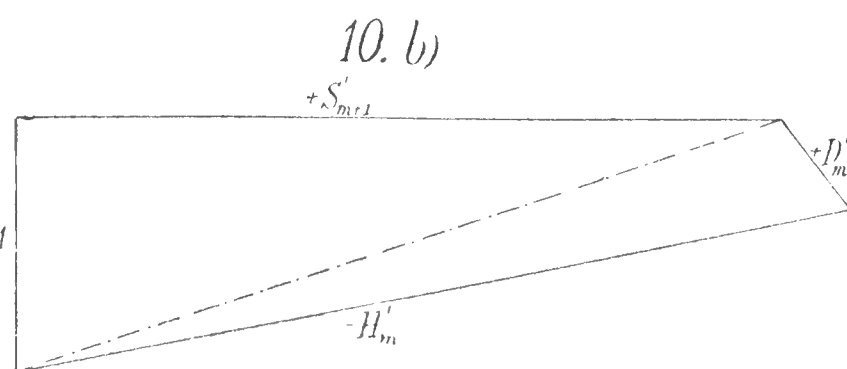
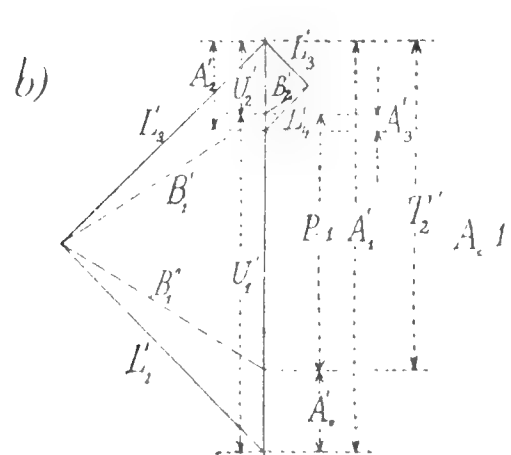
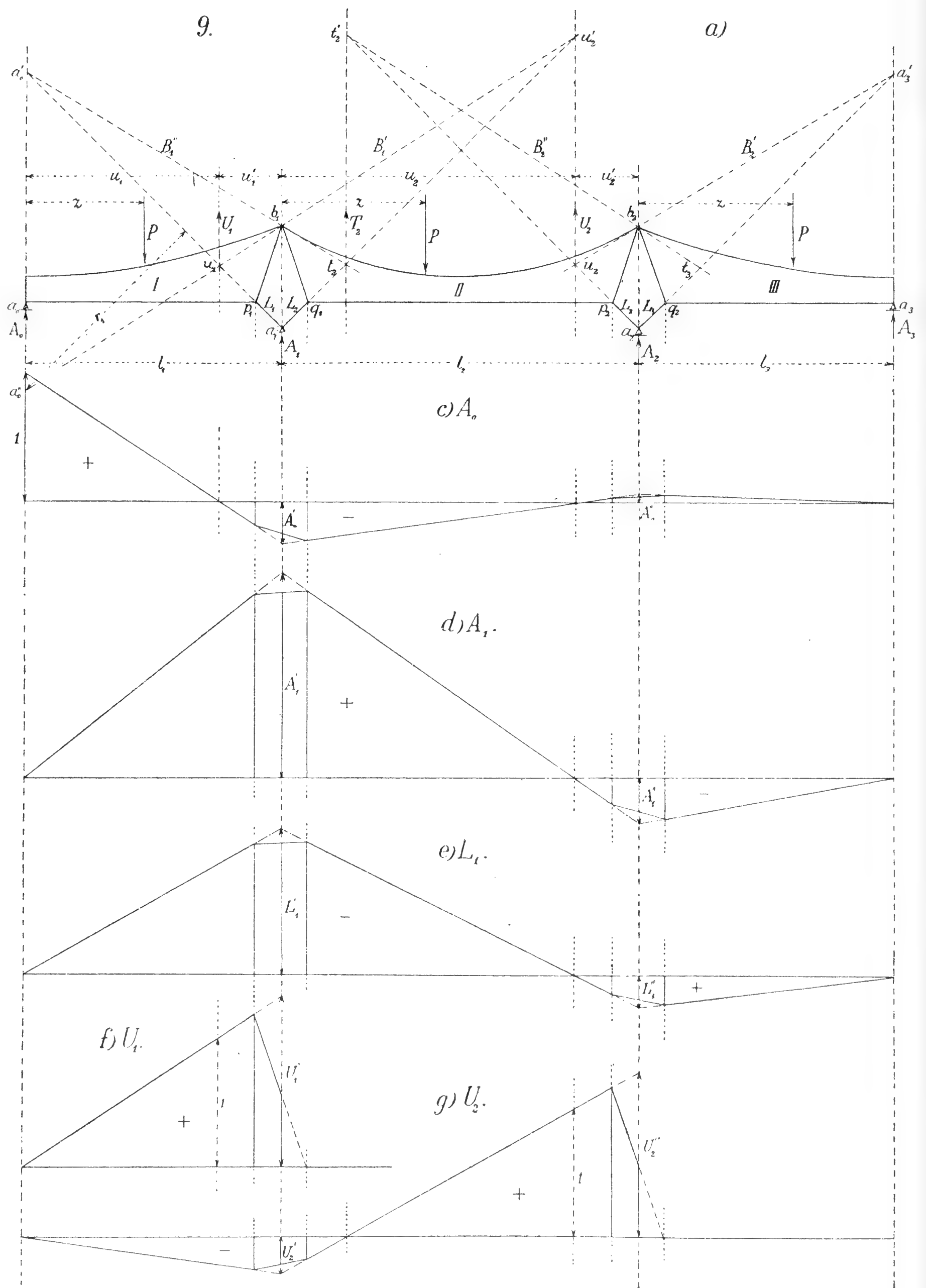
21. a)

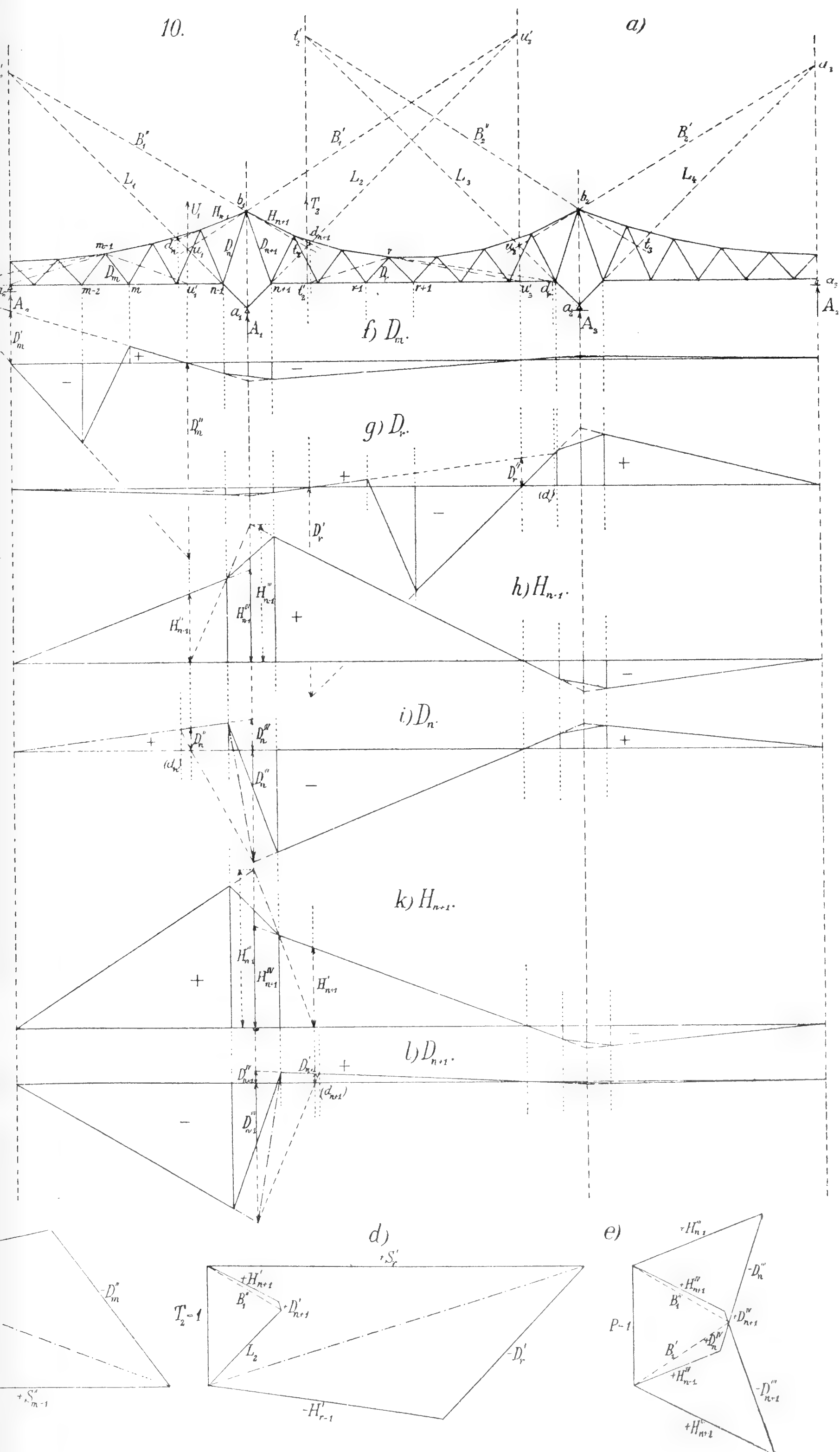


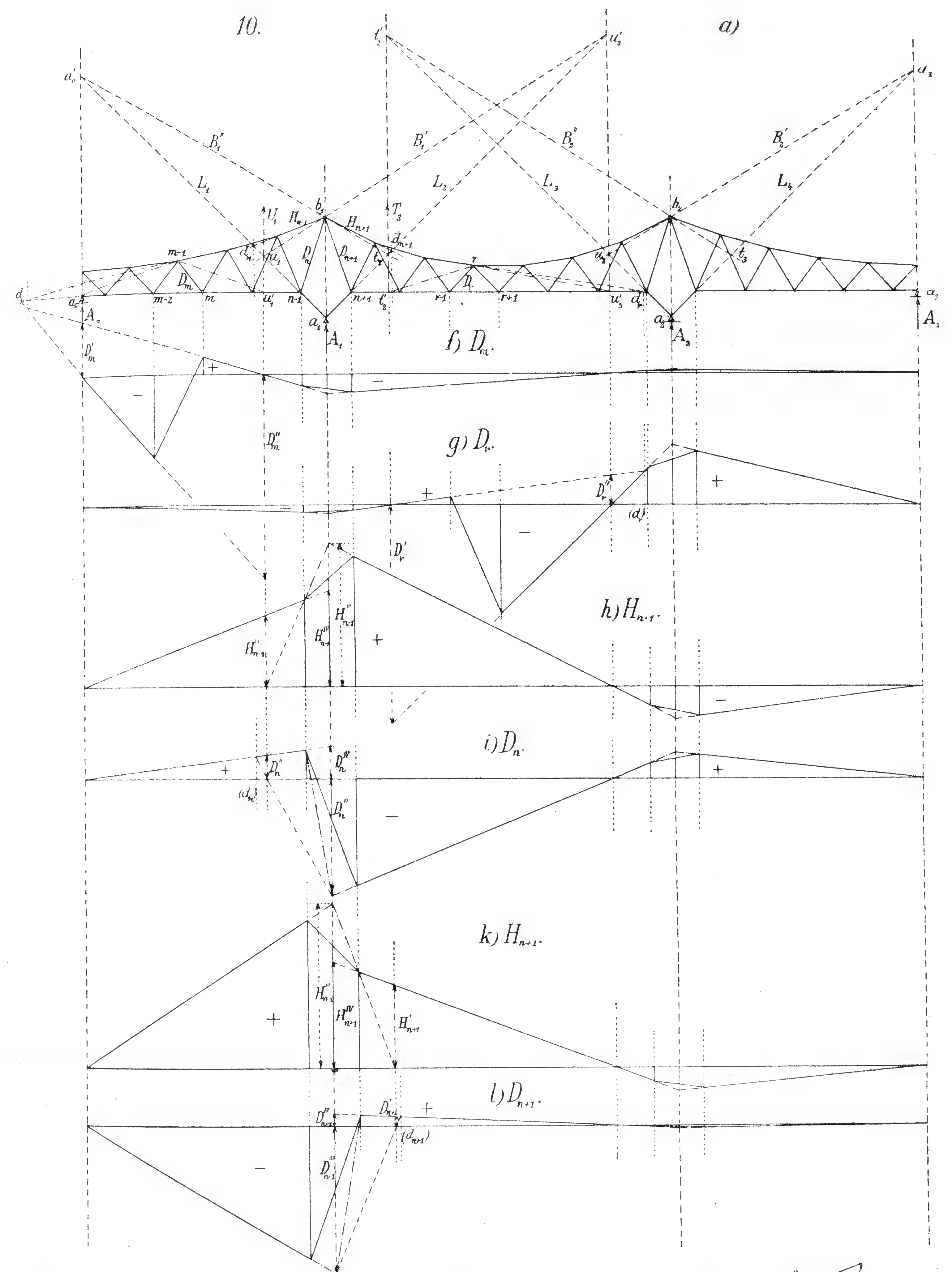
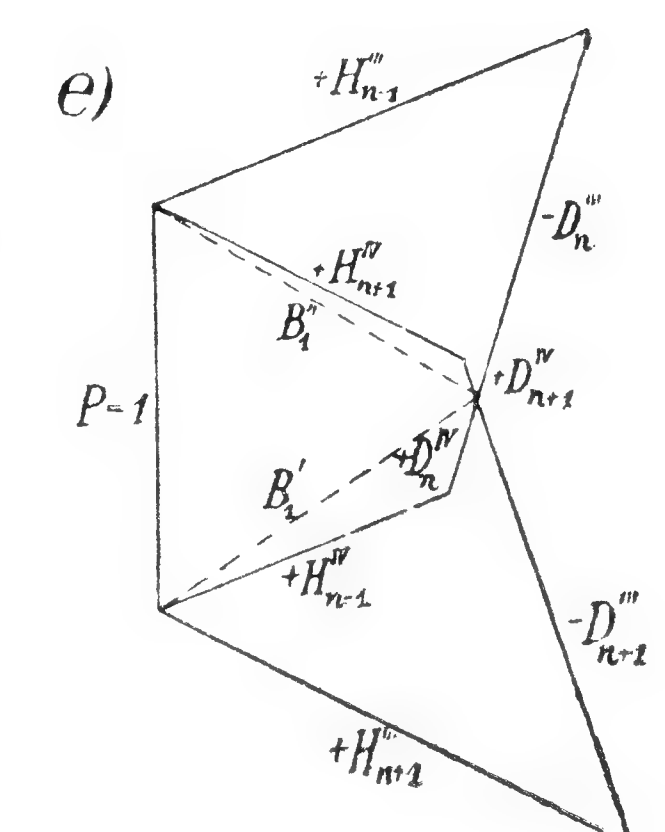
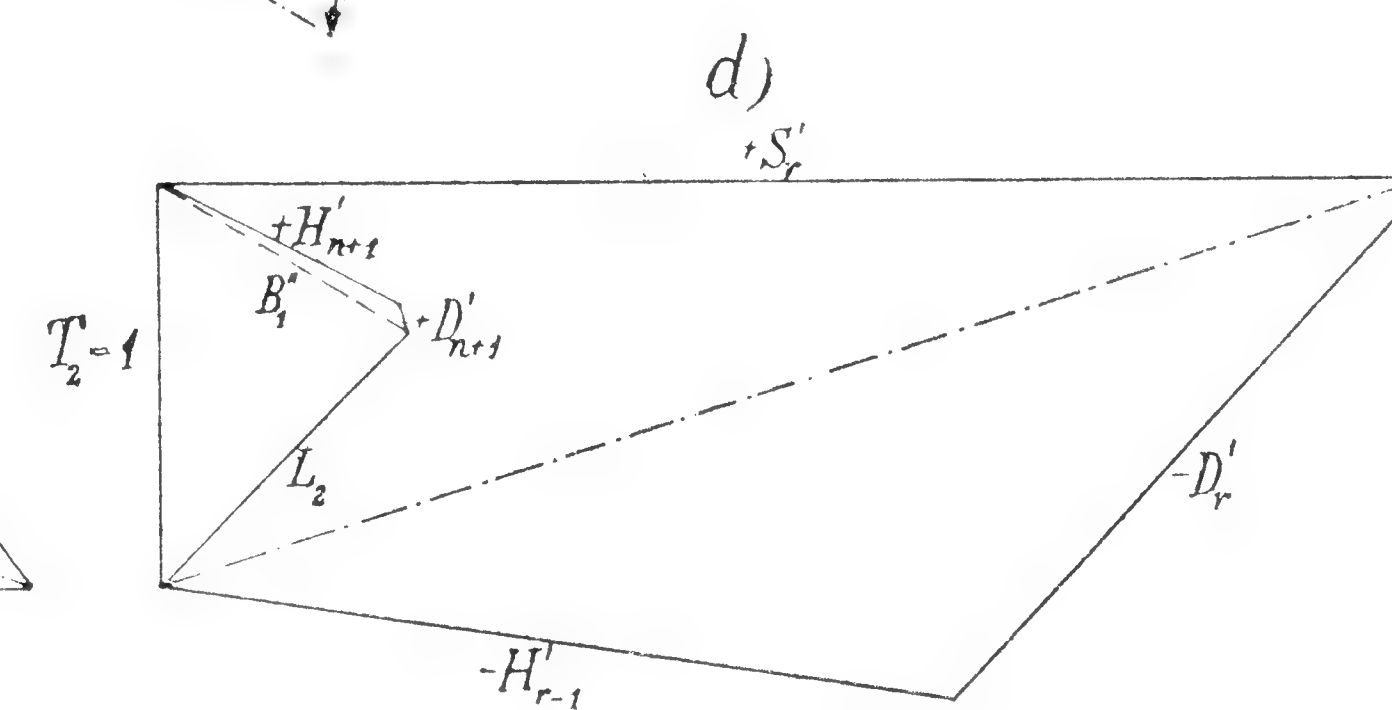
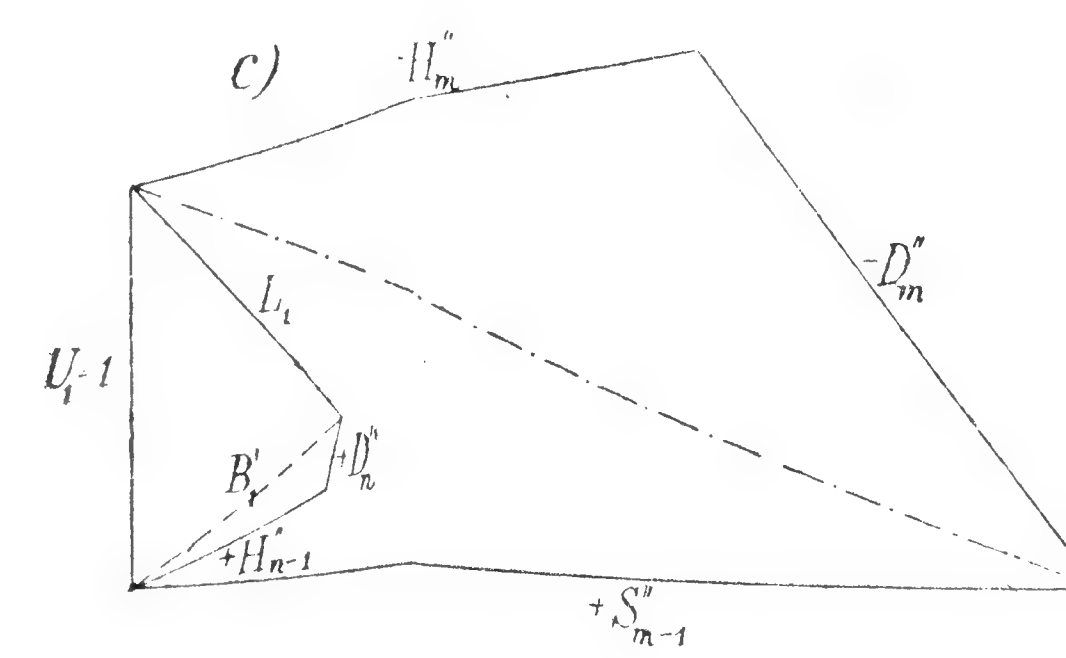
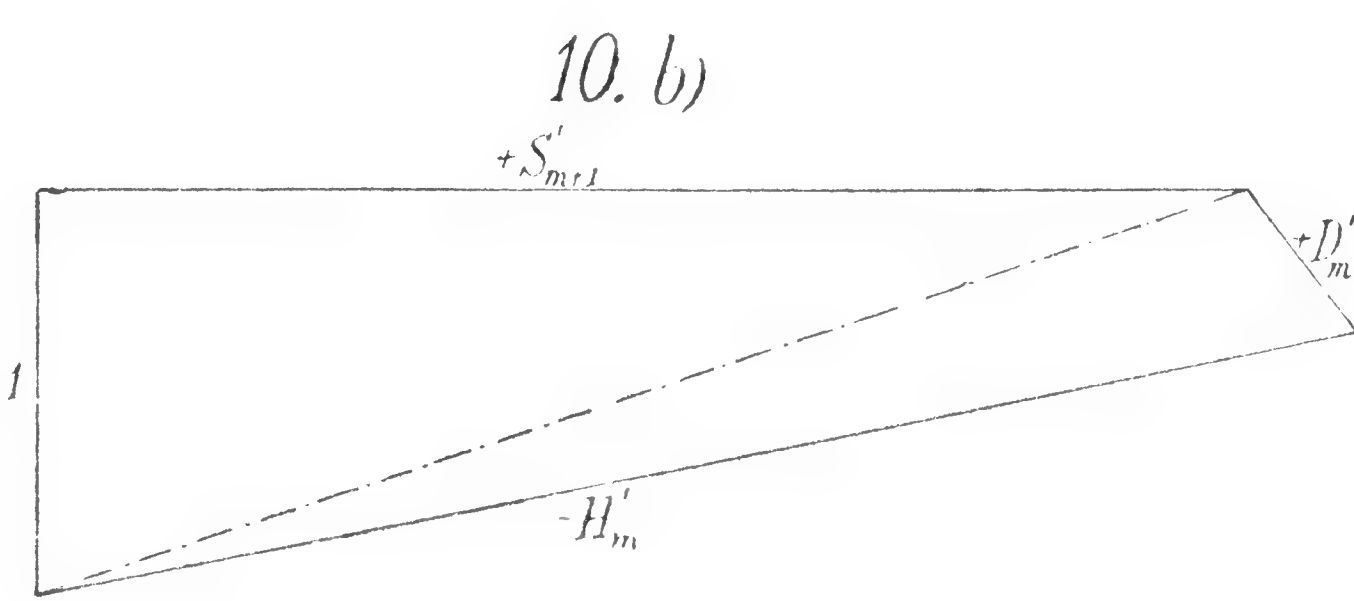
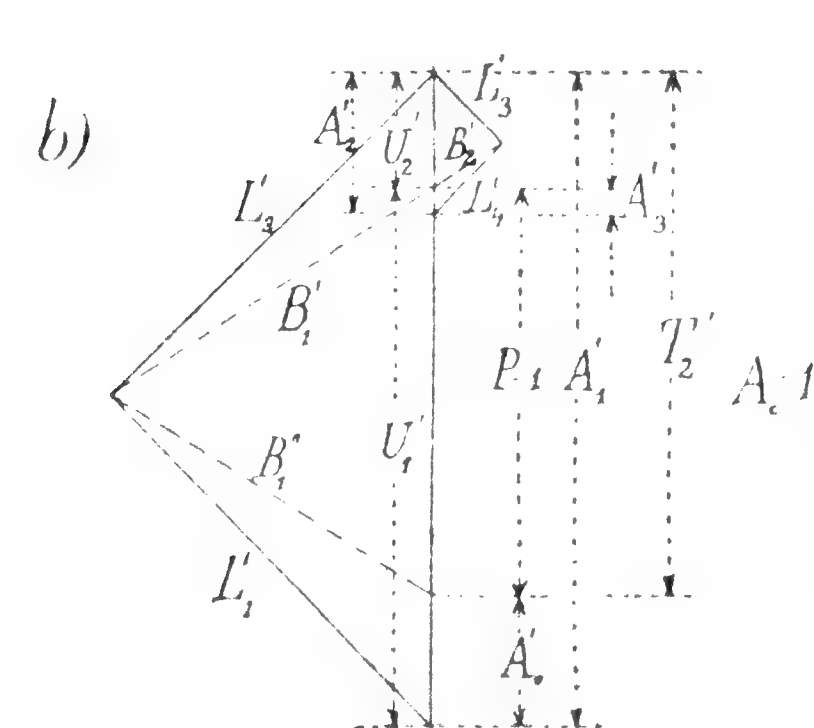
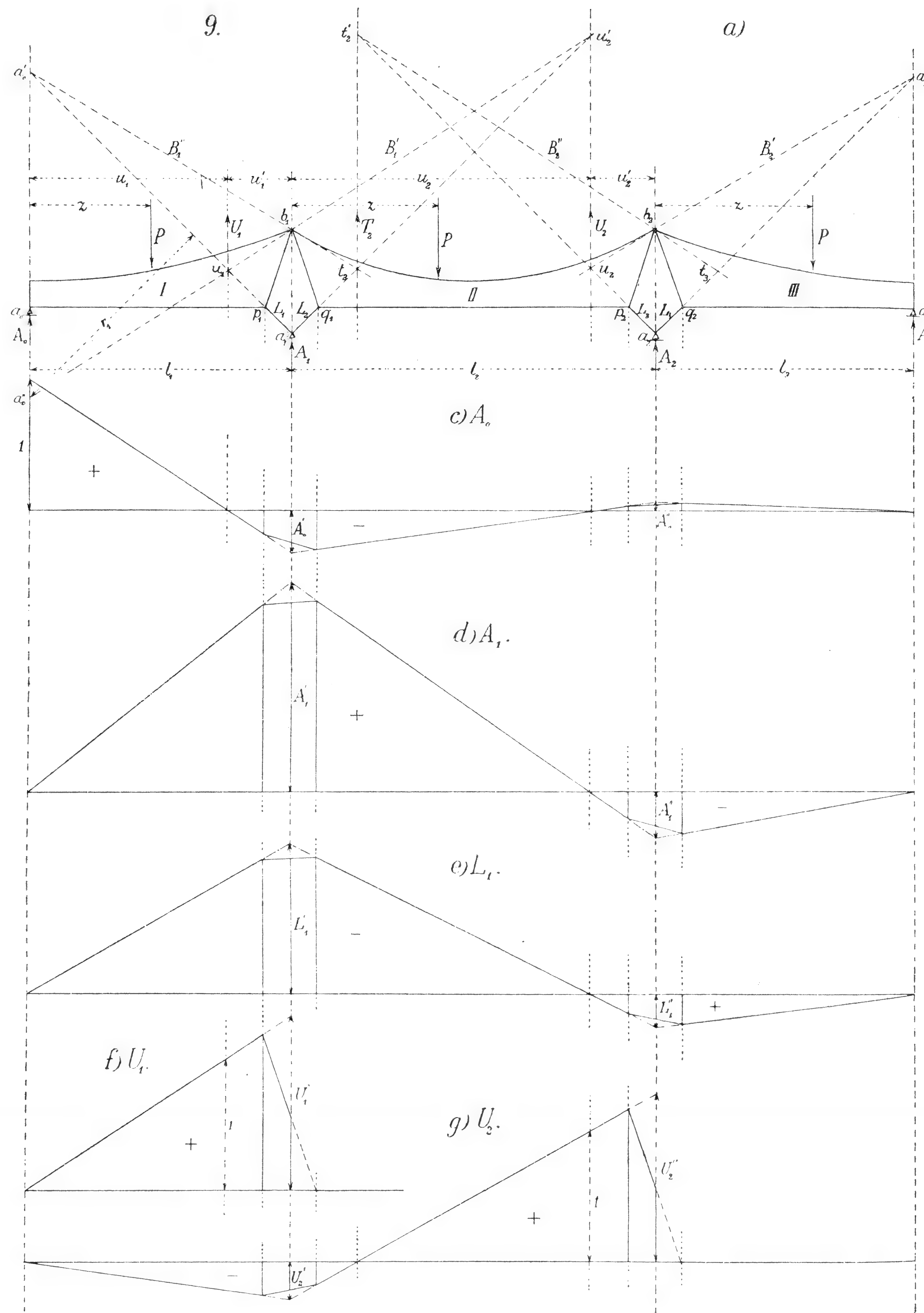


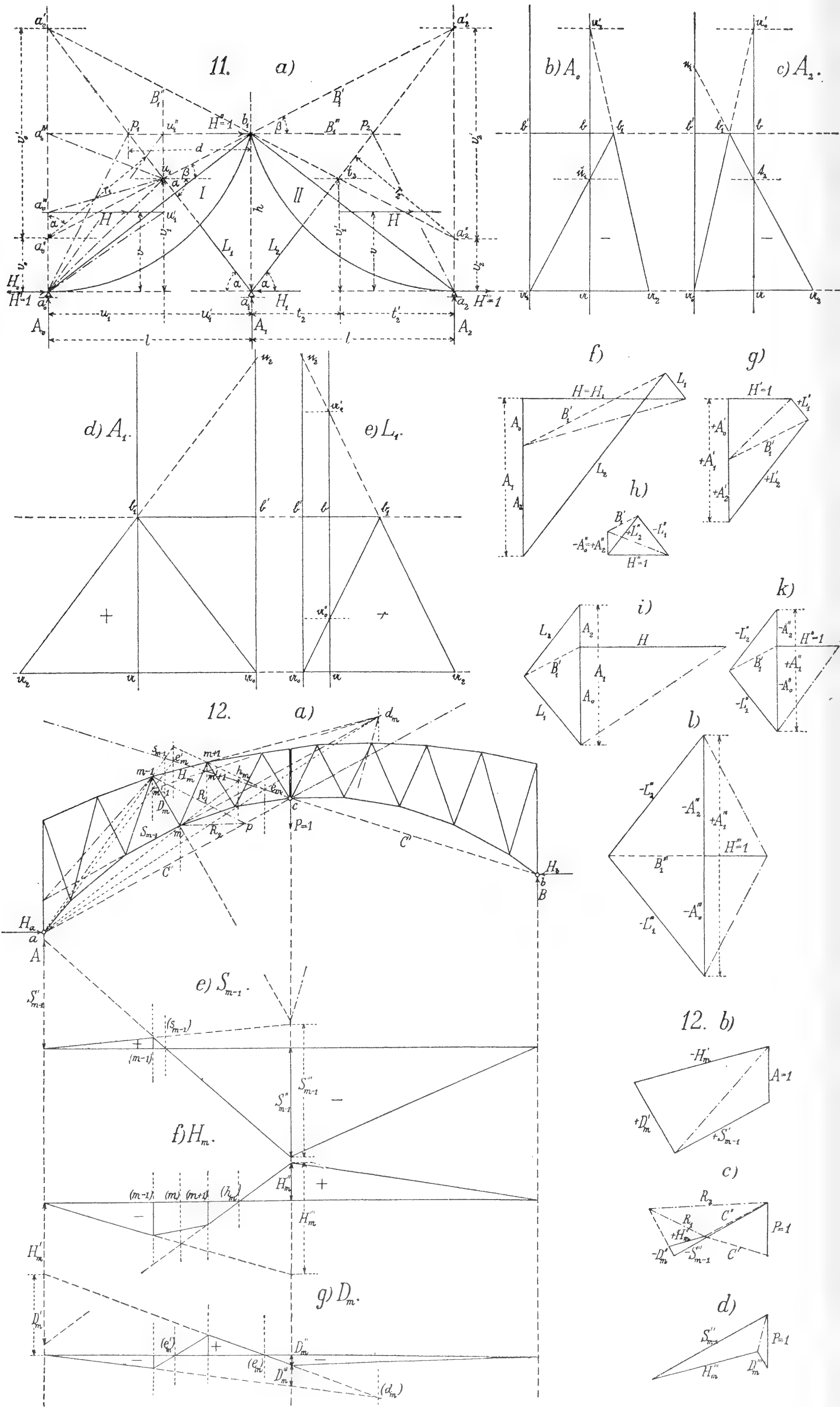


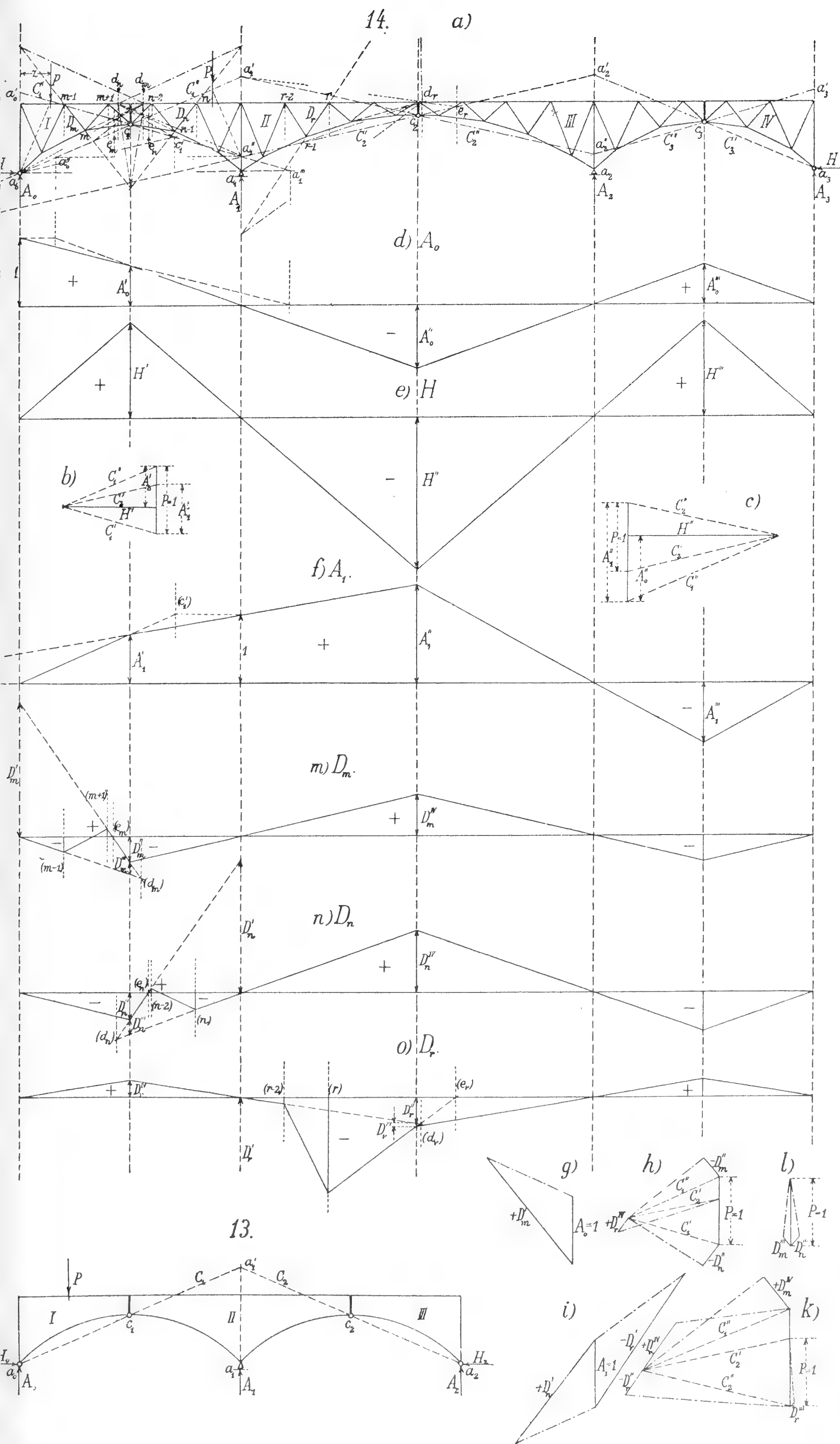


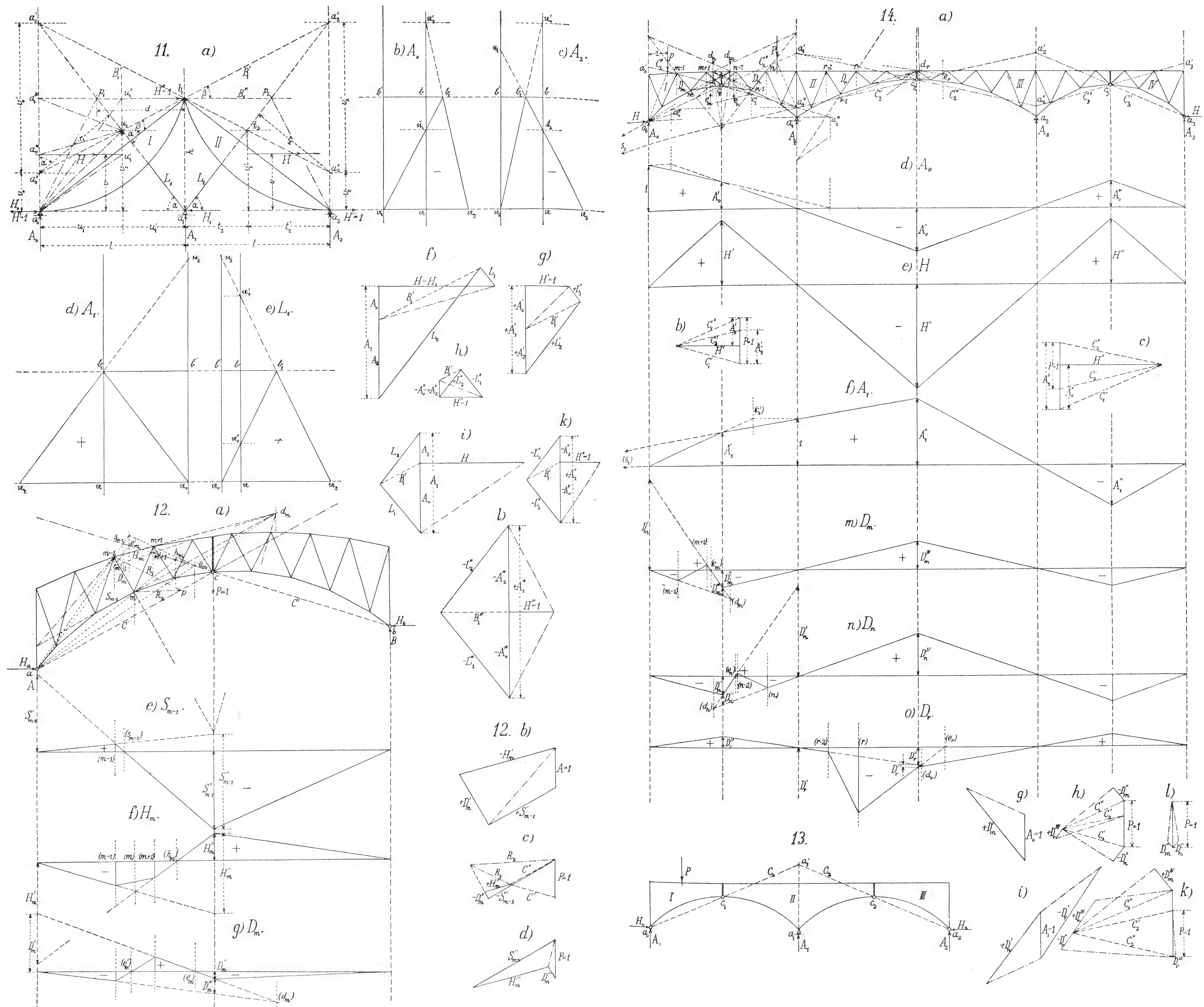




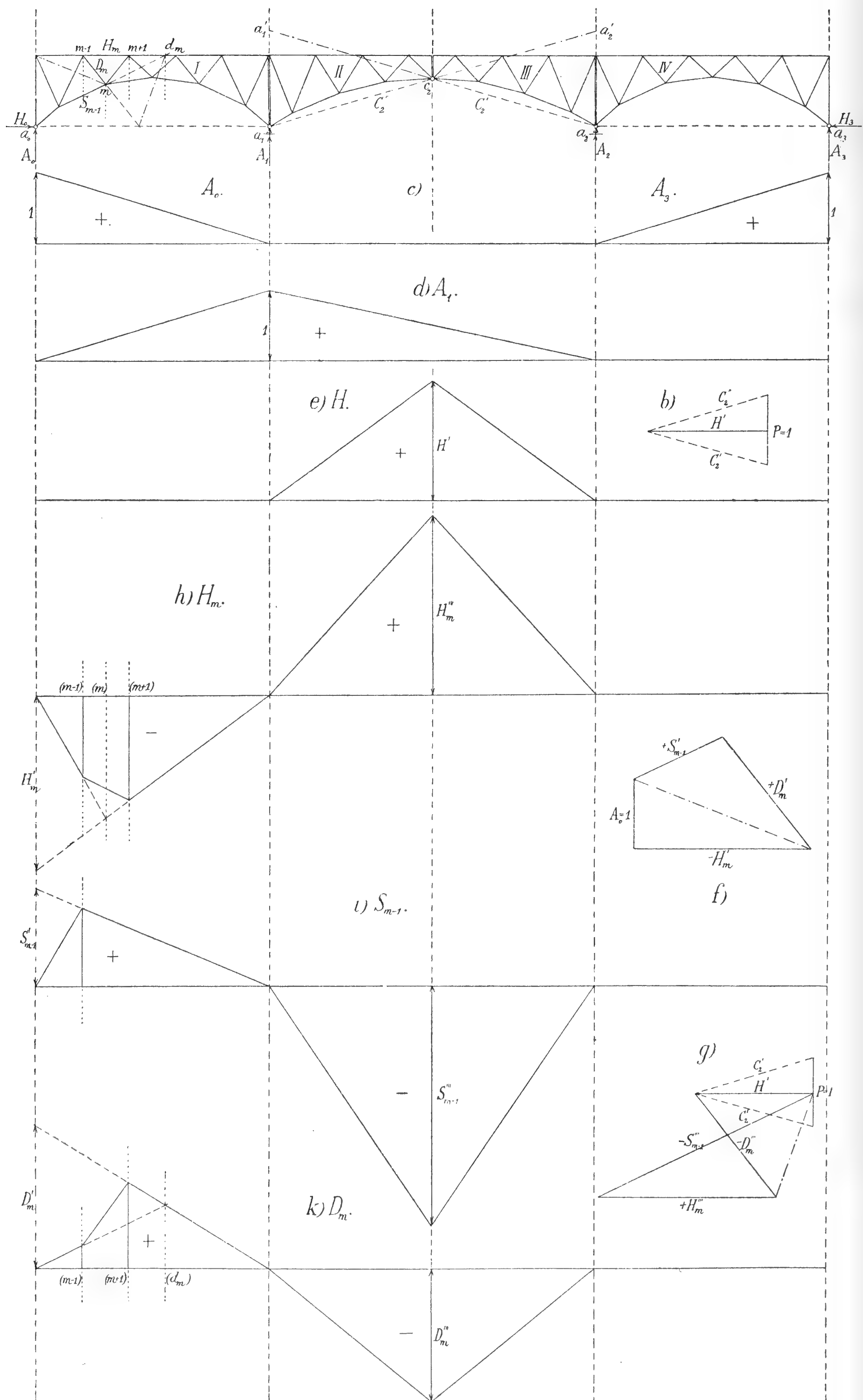


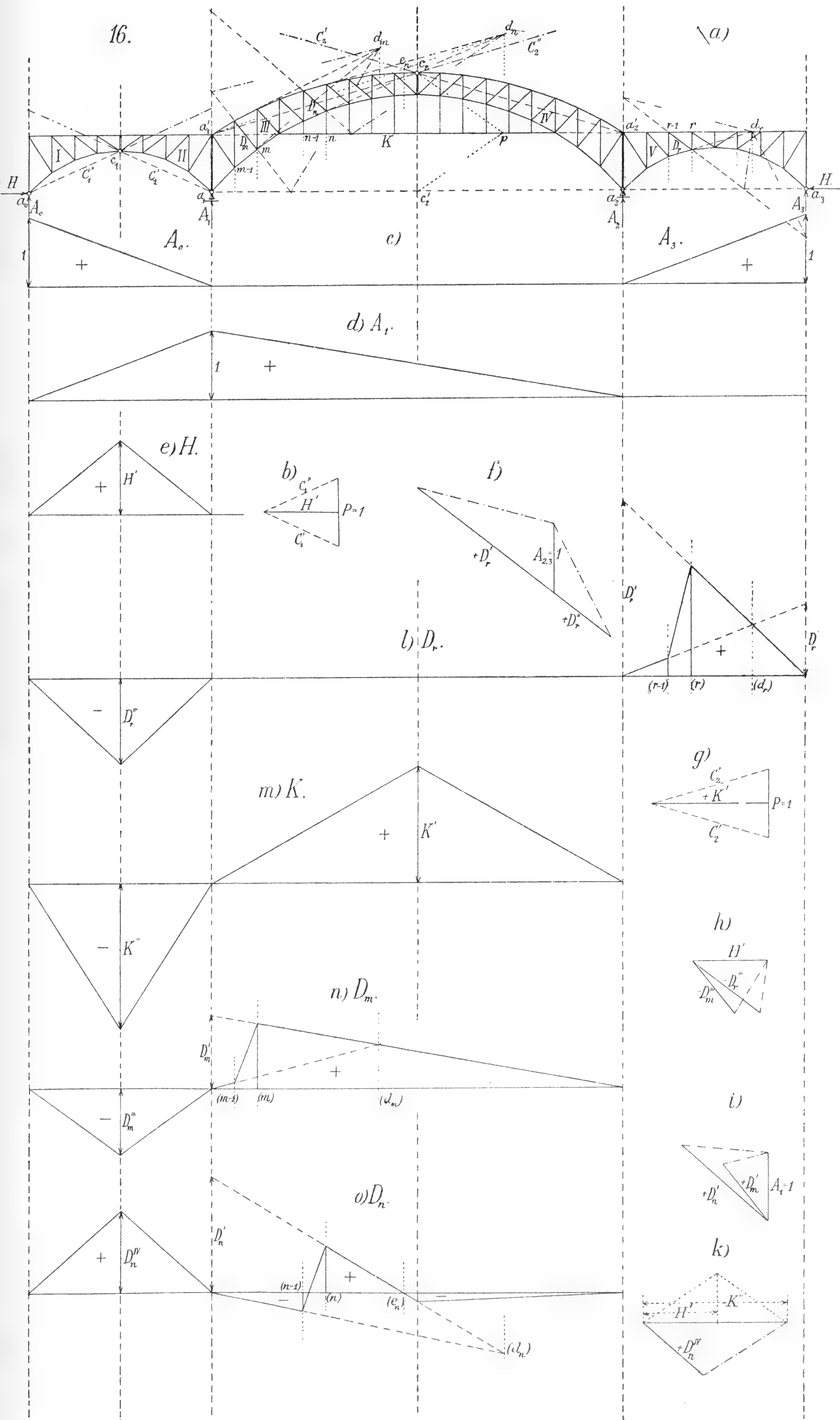


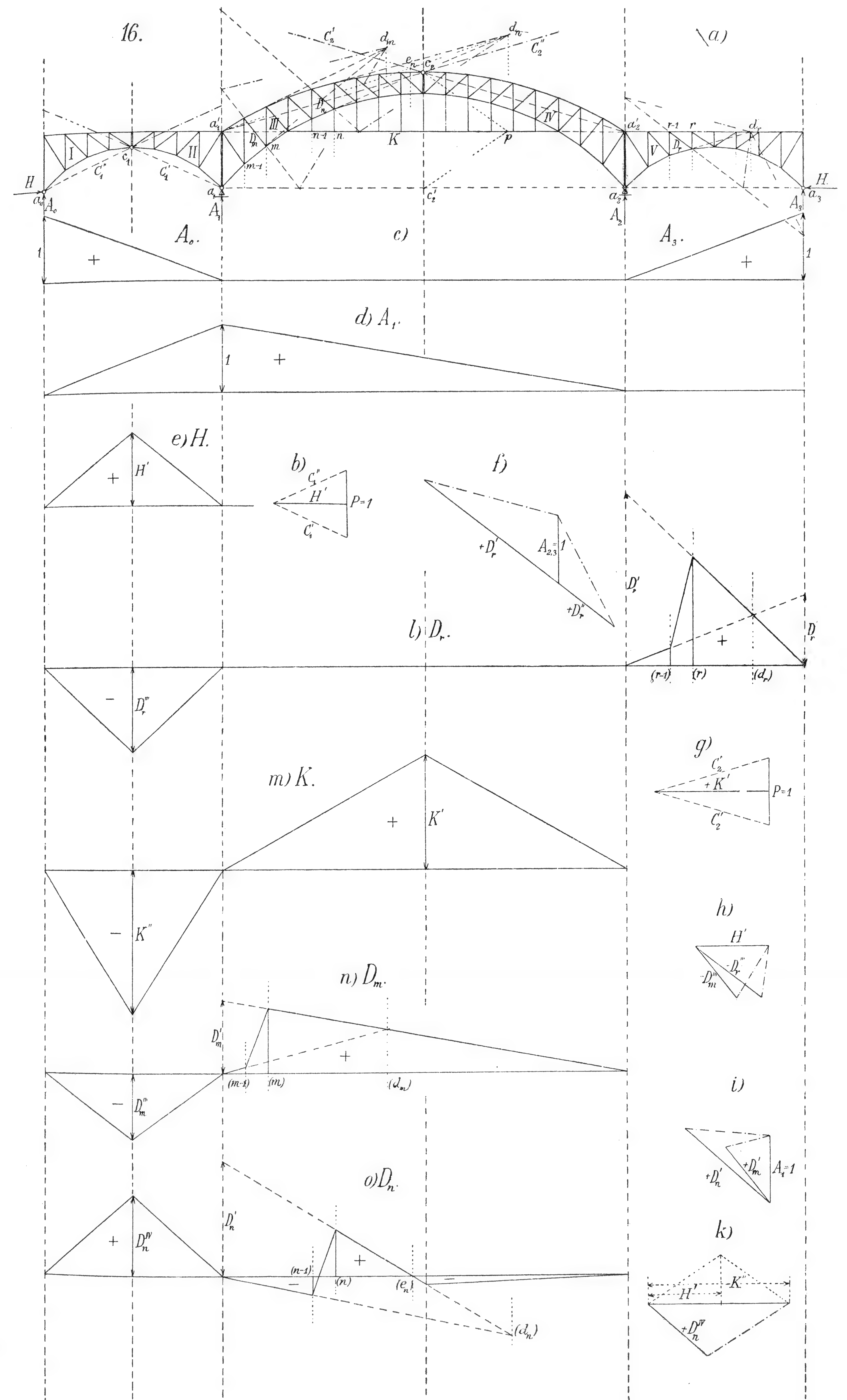
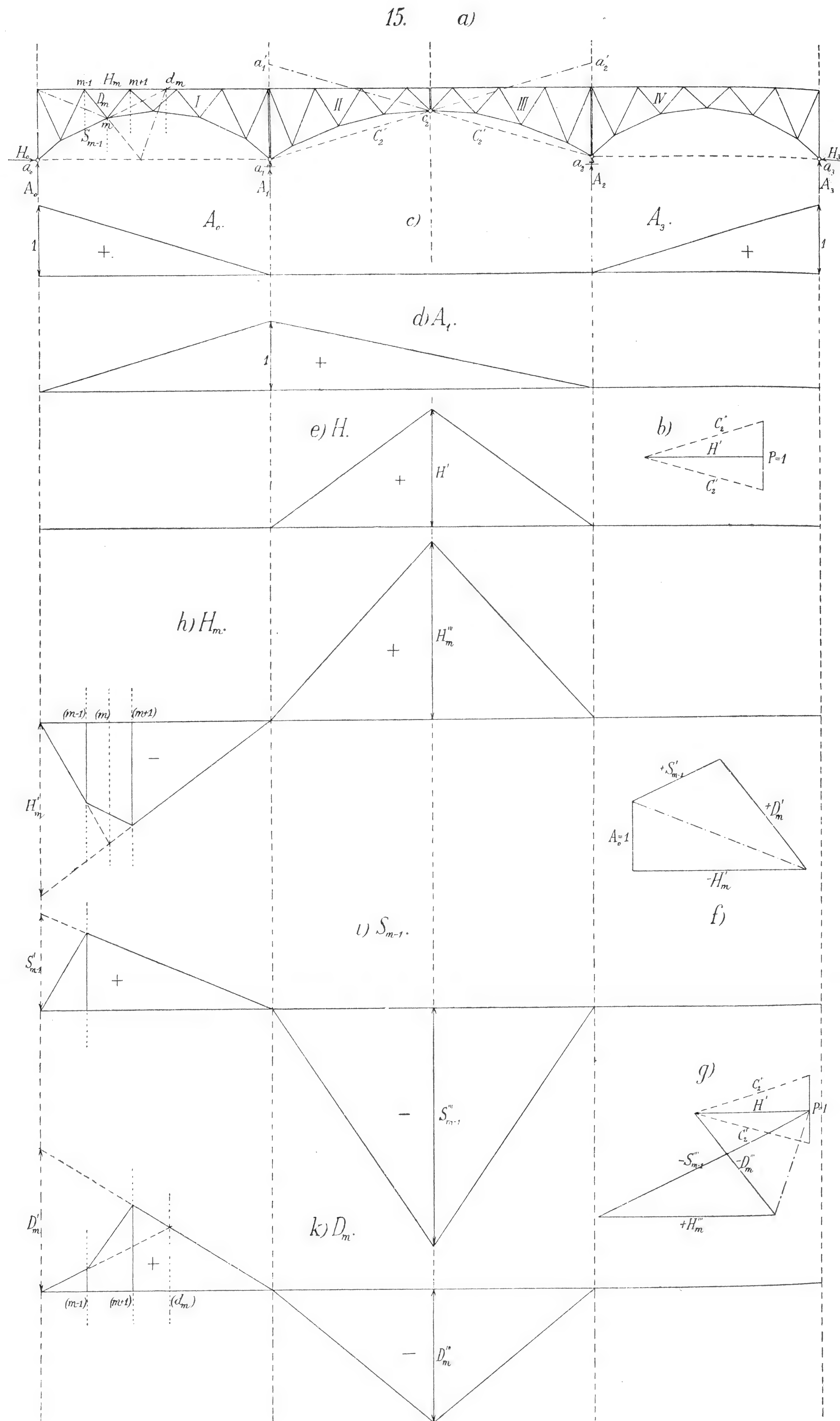


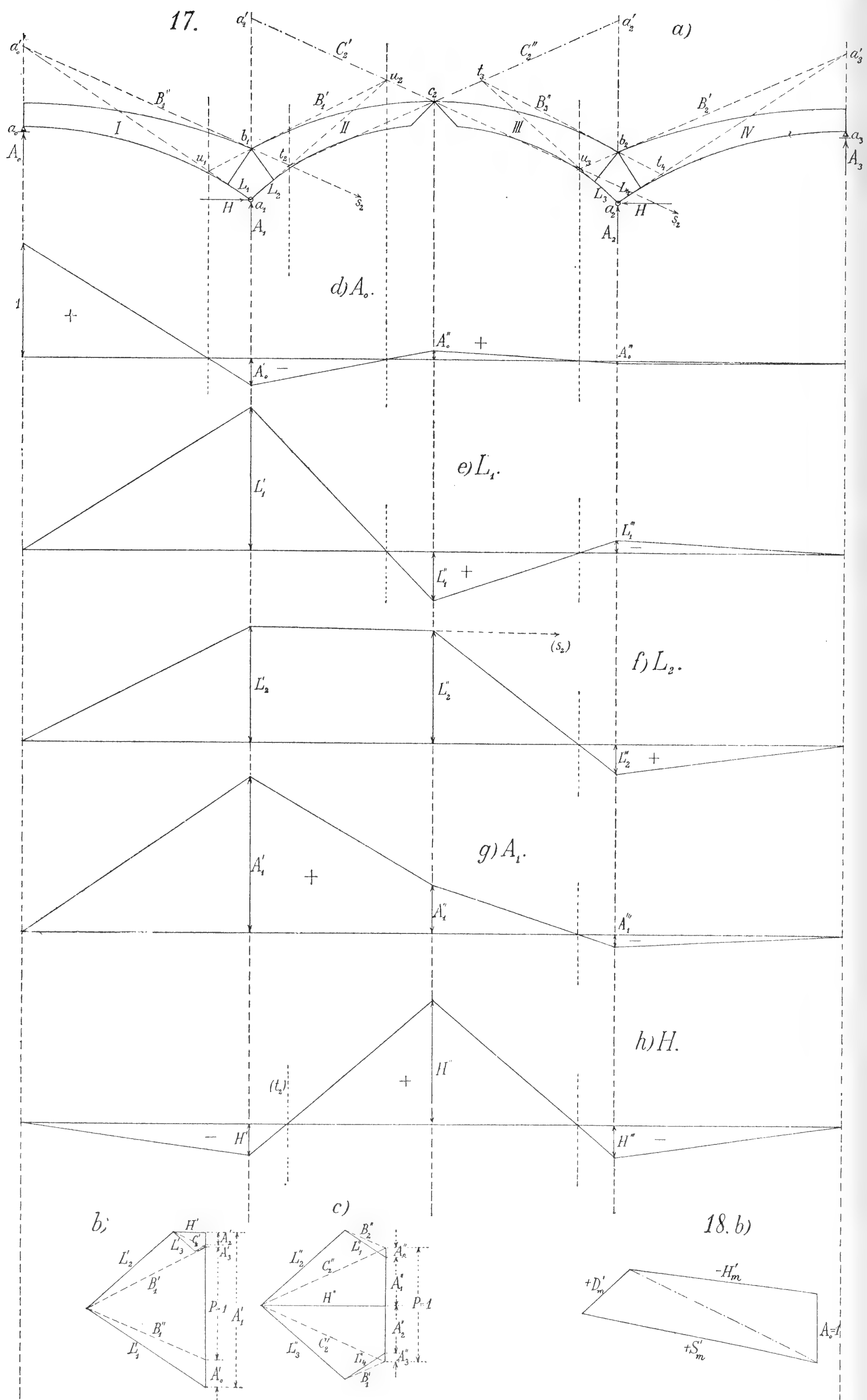


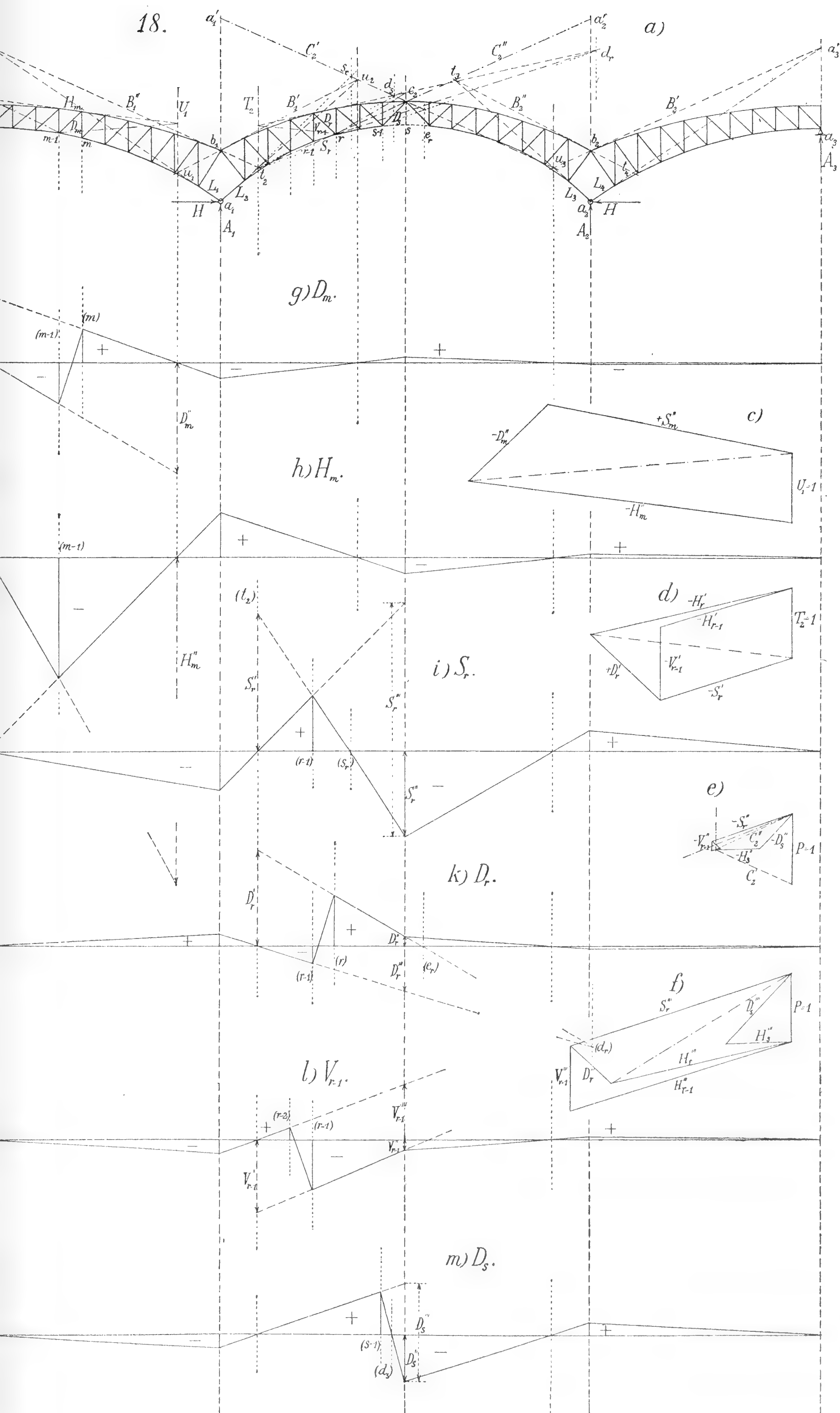
15. a)

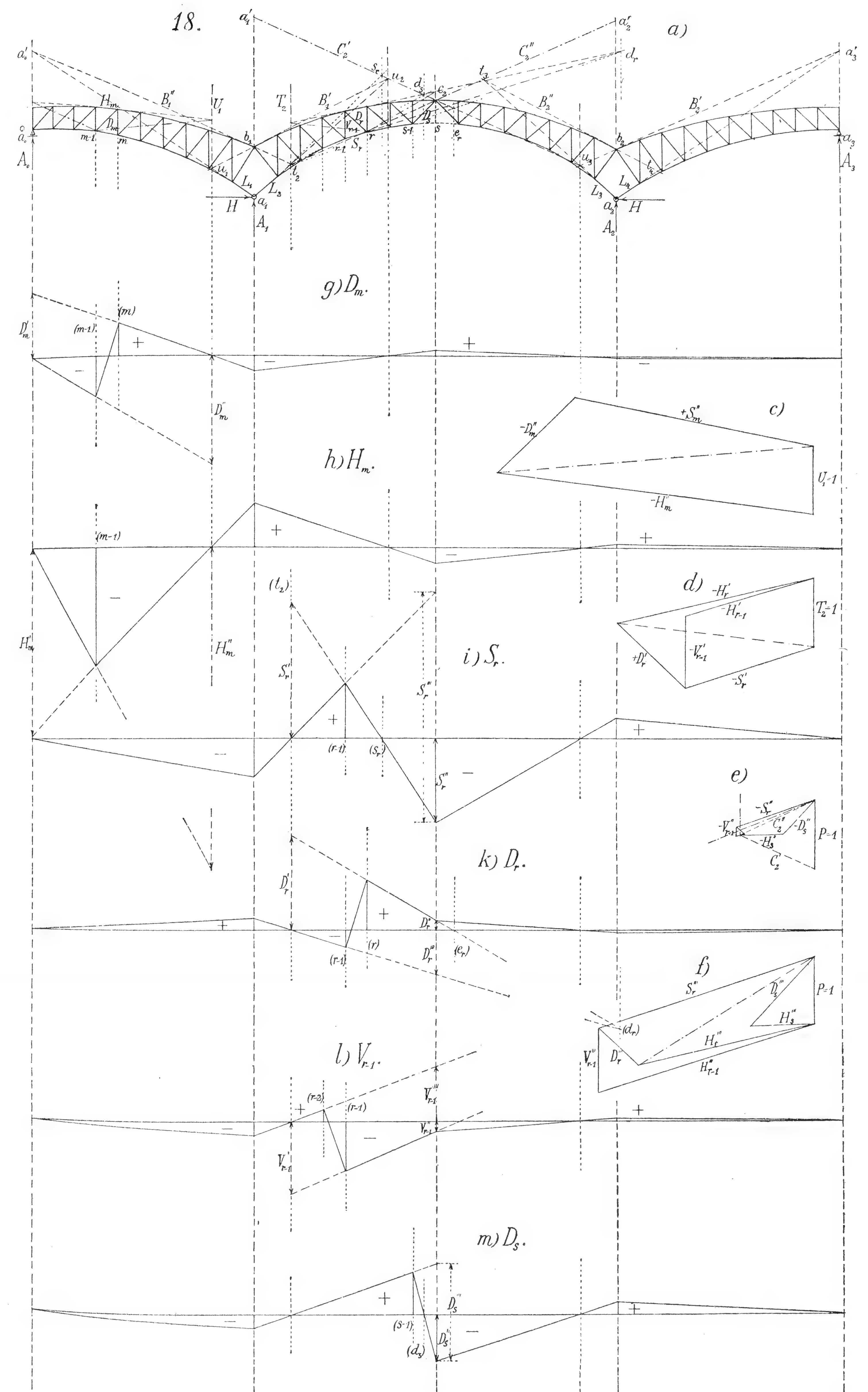
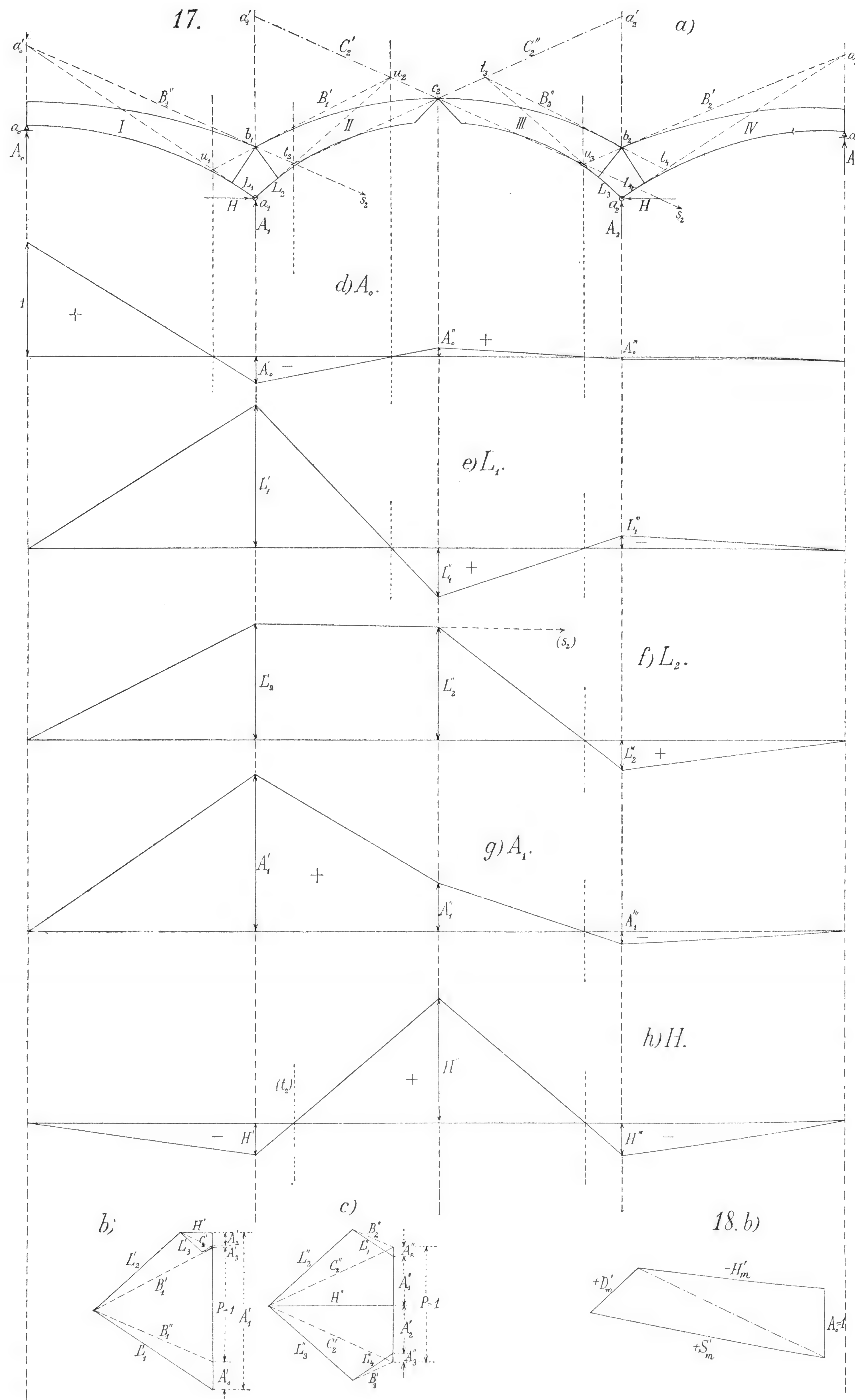


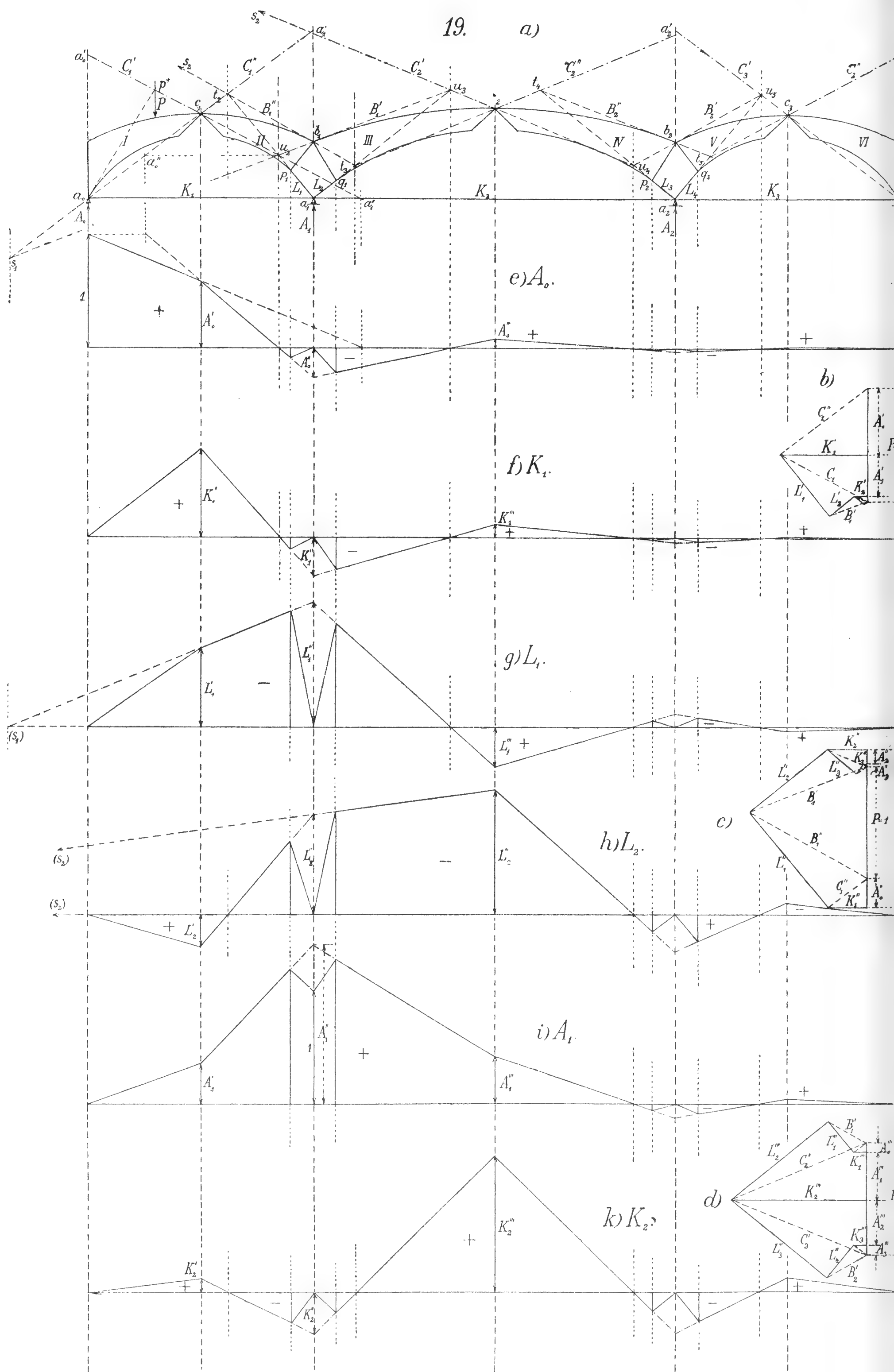


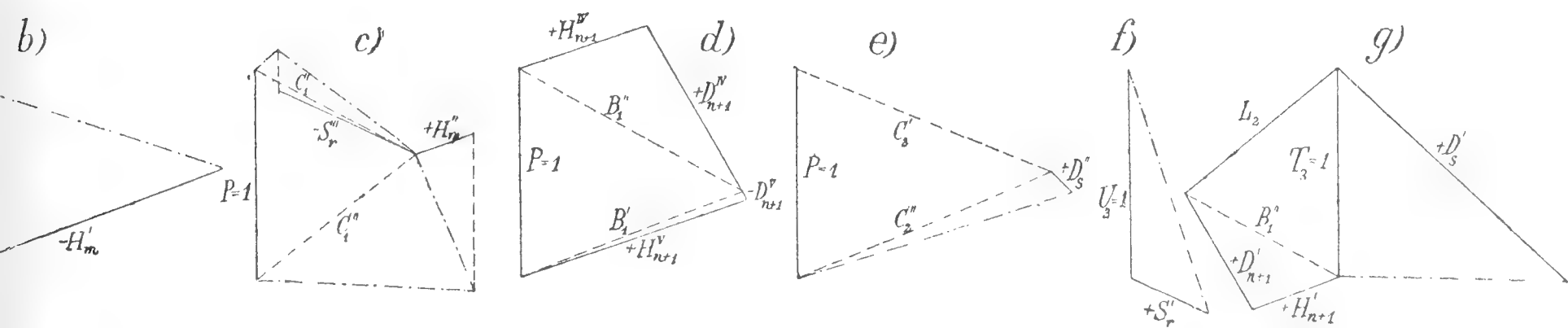
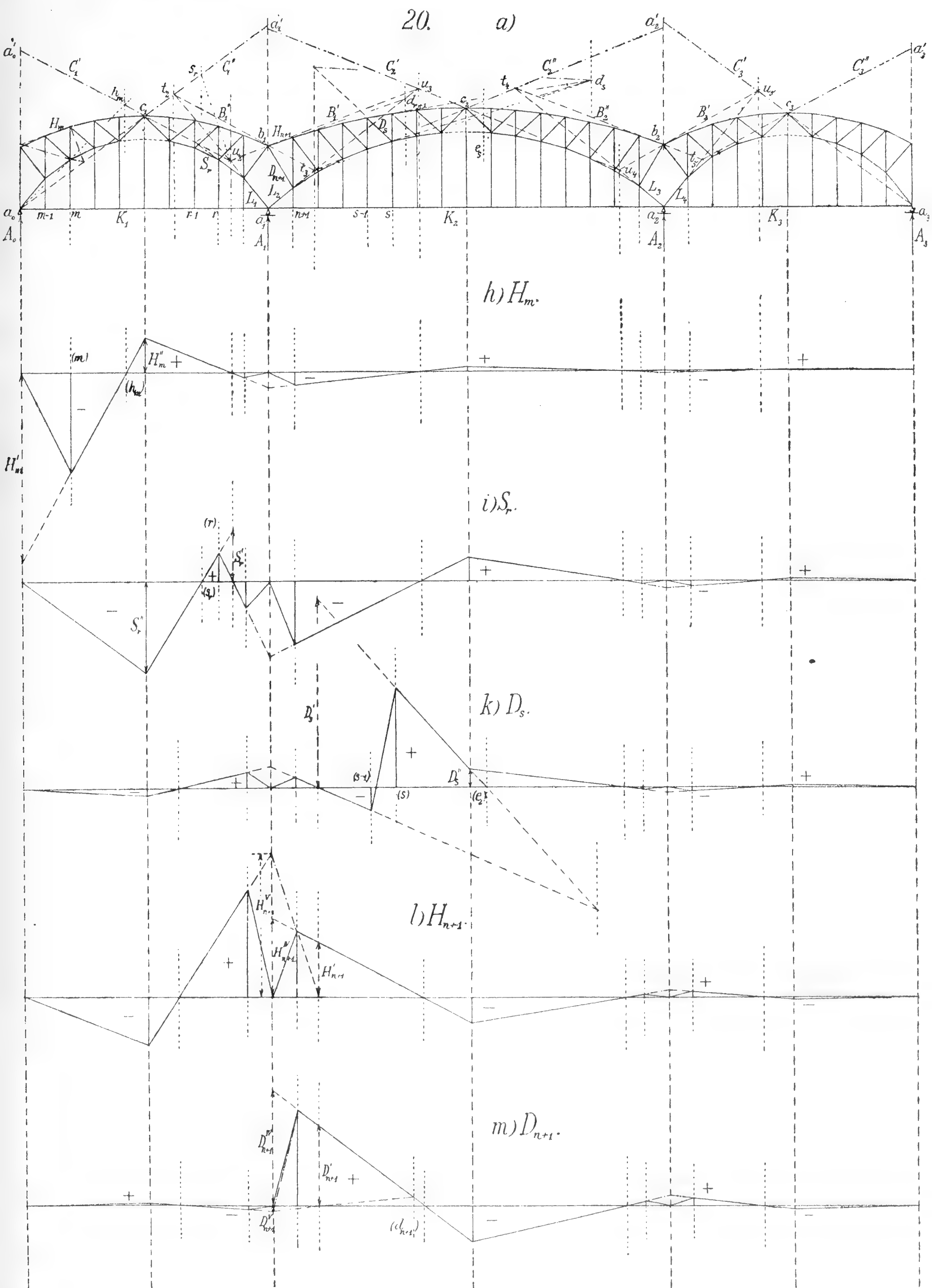


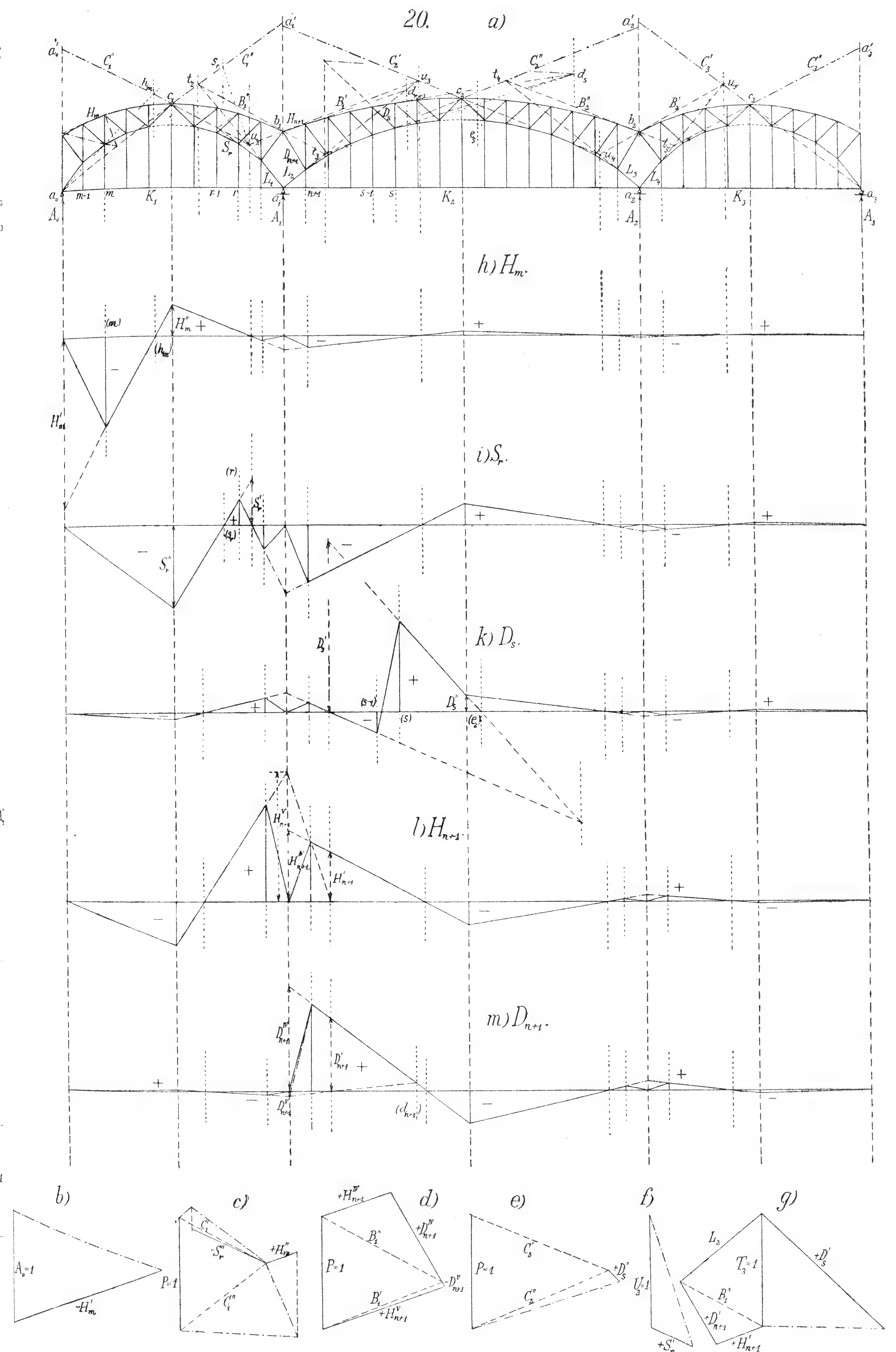
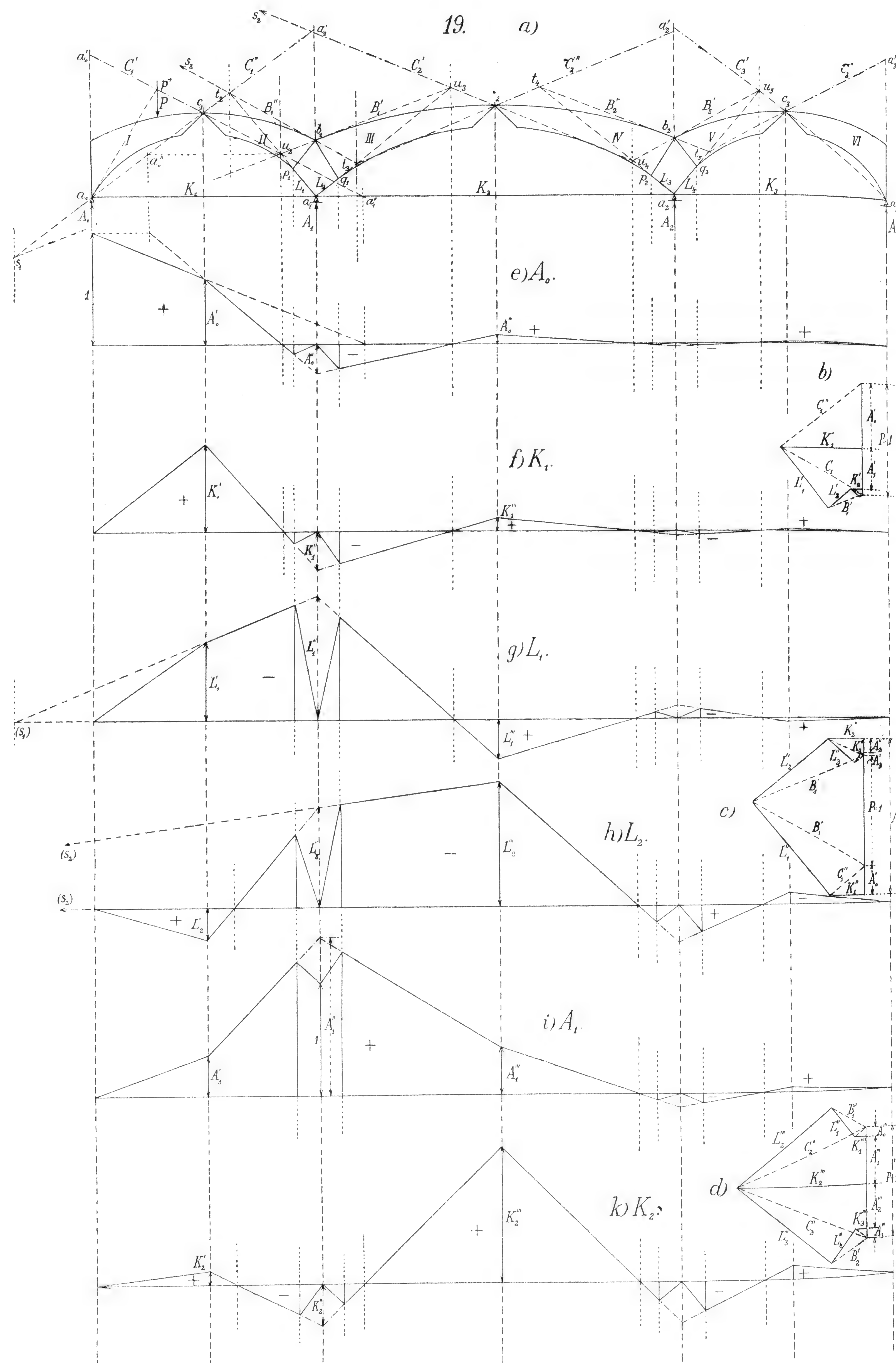












auf $\overline{a_1 c_1}$ sein muss, was zur Kontrolle dient) könnte man die der Scheibe ($c_1 b_1$) ähnliche Figur (wie in Fig. 21. *b*) zeichnen; die wirkliche Verschiebung eines Knotenpunktes würde dann durch die Entfernung der mit Hilfe der vorläufigen Auflagerbedingungen bestimmten neuen Lage vom entsprechenden Punkte jener ähnlichen Figur gegeben. Handelt es sich nur um senkrechte Verschiebungen, so braucht man nur die senkrechte Entfernung von a_1', c_1' durch Wagerechte in gleichem Verhältnis zu teilen, in welchem die wagerechte Entfernung von a_1, c_1 durch zwischenliegende Vertikalen geteilt wird. Die so ermittelten Durchbiegungen der Knotenpunkte der unteren Gurtung geben die Einflussordinaten an (Fig. 21. *h*, wo nur die Hälften der Ordinaten aufgetragen wurden).

Über die Ionisation, welche in verschiedenen Gasen durch die Sekundärstrahlung der β - und γ -Strahlen des Radiums hervorgerufen wird.

Von

Dr. Gottlieb Kučera,

Privatdozenten für Experimentalphysik an der böhmischen Universität Prag.

Vorgelegt am 20. Oktober 1905.

Einleitung. Wenn Radiumstrahlen auf feste oder flüssige Körper auffallen, so entsteht an den betreffenden Stellen eine neue, die sogenannte Sekundärstrahlung. Dieselbe wurde von Becquerel im J. 1901 auf photographischem Wege entdeckt und ist in gewissem Sinne der von Sagnac entdeckten Sekundärroentgenstrahlung analog. Gegenstand der vorliegenden Untersuchung war die Ionisation, welche von den Sekundärstrahlen in verschiedenen Gasen verursacht wird. Einen indirekten Impuls zu dieser Arbeit gaben die Worte Rutherfords:*) »It is to be expected, that Roentgen rays should be produced at the sudden starting as well as at the sudden stopping of electrous . . .« Wenn die Sekundärstrahlung aus weichen Roentgenstrahlen bestehen sollte, müsste sie nämlich eine von den β - und γ -Strahlen stark abweichende Ionisation verursachen.

Das Elektroskop. Bei der Untersuchung wurde ein Elektroskop benützt, welches vor den vorhandenen verschiedene Vorzüge aufweist und sich bei mannigfaltigen Untersuchungen über Radioaktivität gut eignet. In Figur 1 ist es mitsamt den Dimensionen veranschaulicht. Die horizontal gestrichelten Teile sind aus Bernstein, der karrierte Deckel aus Ebonit verfertigt. Die Konstruktion ist nach der Figur leicht verständlich. Nur folgendes wäre zu bemerken: durch die seitlichen Ansatzröhren kann das Elektroskop evakuiert resp. mit einem andern Gase als Luft gefüllt werden. Im Falle, wo es darauf ankommt, dass das Elektroskop luftdicht abgeschlossen ist, wird der Ebonitdeckel auf den 1 *cm* breiten Rand des

*) E. Rutherford, Radioactivity, Cambridge 1904, p. 145. Auch Nat. 69 436. 1904.

Kastens nicht direkt aufgesetzt, sondern es kommt ein rechteckig ausgeschnittenes Kautschukblatt dazwischen und der Deckel wird auf den Rand mittels acht Klemmen festgepresst. Der Deckel ist auf der unteren Fläche, bis auf einen kreisförmigen Ausschnitt um den Bernsteinzylinder herum, mit einem leitenden Aluminiumbelag versehen, der mit dem Kasten leitend verbunden ist. Im Ebonitdeckel sitzen isoliert zwei die Bernsteinzylinder umfassenden Metallguardringe um nach Wilson's Verfahren den Stützenverlust eliminieren zu können. Der auf dem Deckel angebrachte zweite

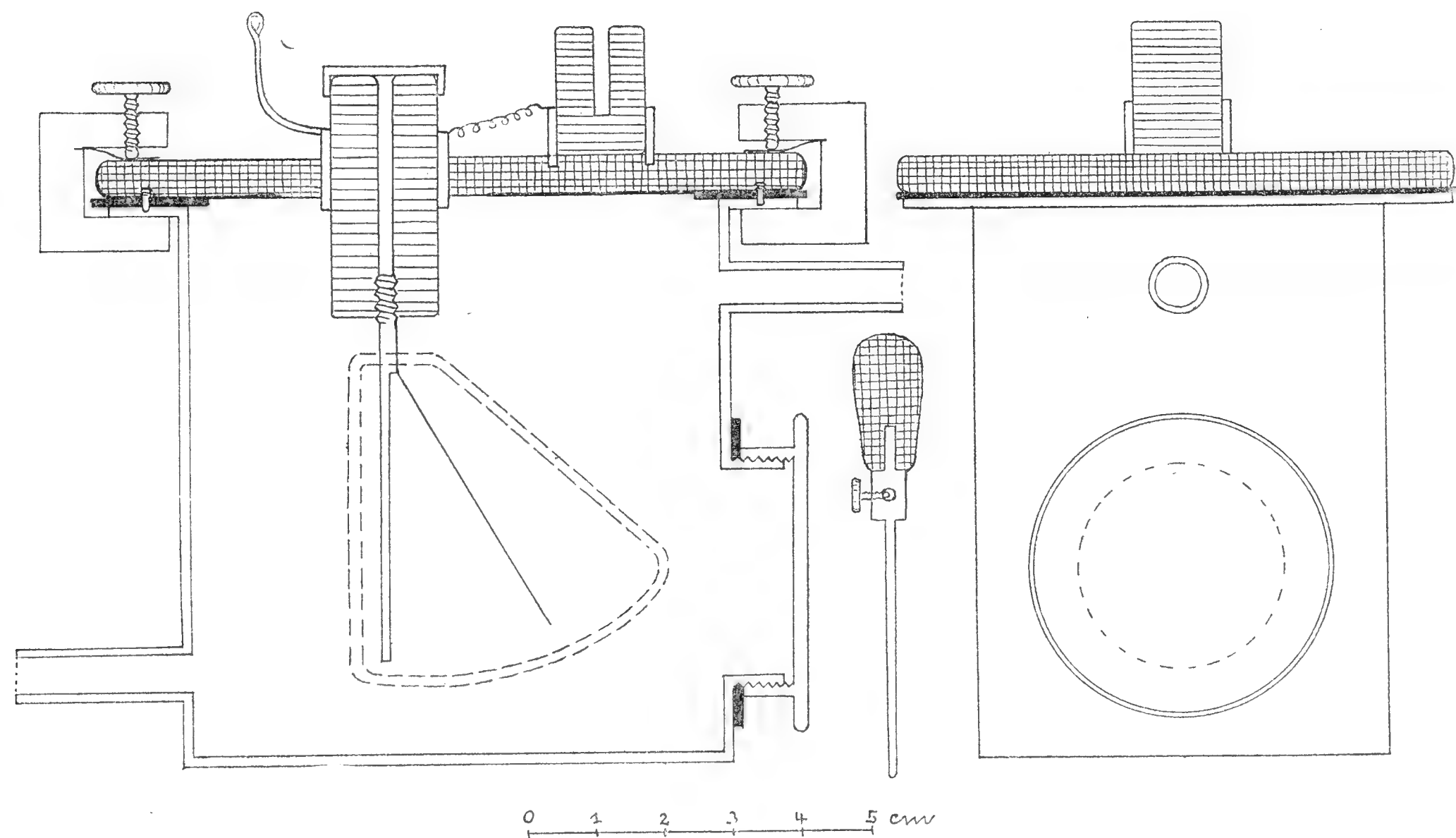


Fig. 1.

Bernsteinzylinder dient zum Einsetzen eines Zerstreuungszylinders event. einer Kondensatorplatte, der eine andere mit dem Elektroskop verbundene und im ersten Zylinder eingesetzte Kondensatorplatte entgegensteht. Die beiden dienen dann bei der Demonstration der Leitung in Gasen etc.

Um das Elektroskop laden zu können, wird die kleine Metallkappe, welche den ersten Bernsteinzylinder bedeckt, abgenommen und in die Bohrung der Zylinders das Ladestäbchen, welches auf der Figur zwischen der Vorder- und Seitenansicht des Elektroskops abgebildet ist, eingesetzt; es besitzt einen Griff aus Ebonit, um das geladene Elektroskop beim Herausziehen des Stäbchens nicht zu entladen. Seitlich ist am Elektroskopkästchen eine kreisrunde Öffnung angebracht, die durch einen Deckel mit Gewinde verschlossen werden kann, der auf einem Kautschuckring aufsitzt. Mit demselben Gewinde ist ein anderer Deckel versehen, der eine runde Öffnung von 3 cm Durchmesser besitzt; wenn in das innere des

Elektroskopkästchens auf das Aluminiumblatt und seinen Träger eine Strahlung auffallen soll, so wird dieser zweite Deckel benützt, auf dessen Rand man luftdicht eine dünne Aluminiumscheibe oder ein Glimmerblättchen etc. aufkitten kann.

Die Versuchsanordnung. Als Strahlungsquelle diente eine Kapsel mit 5 *mg* von reinstem Radiumbromid (Giesel'sches Präparat). Die

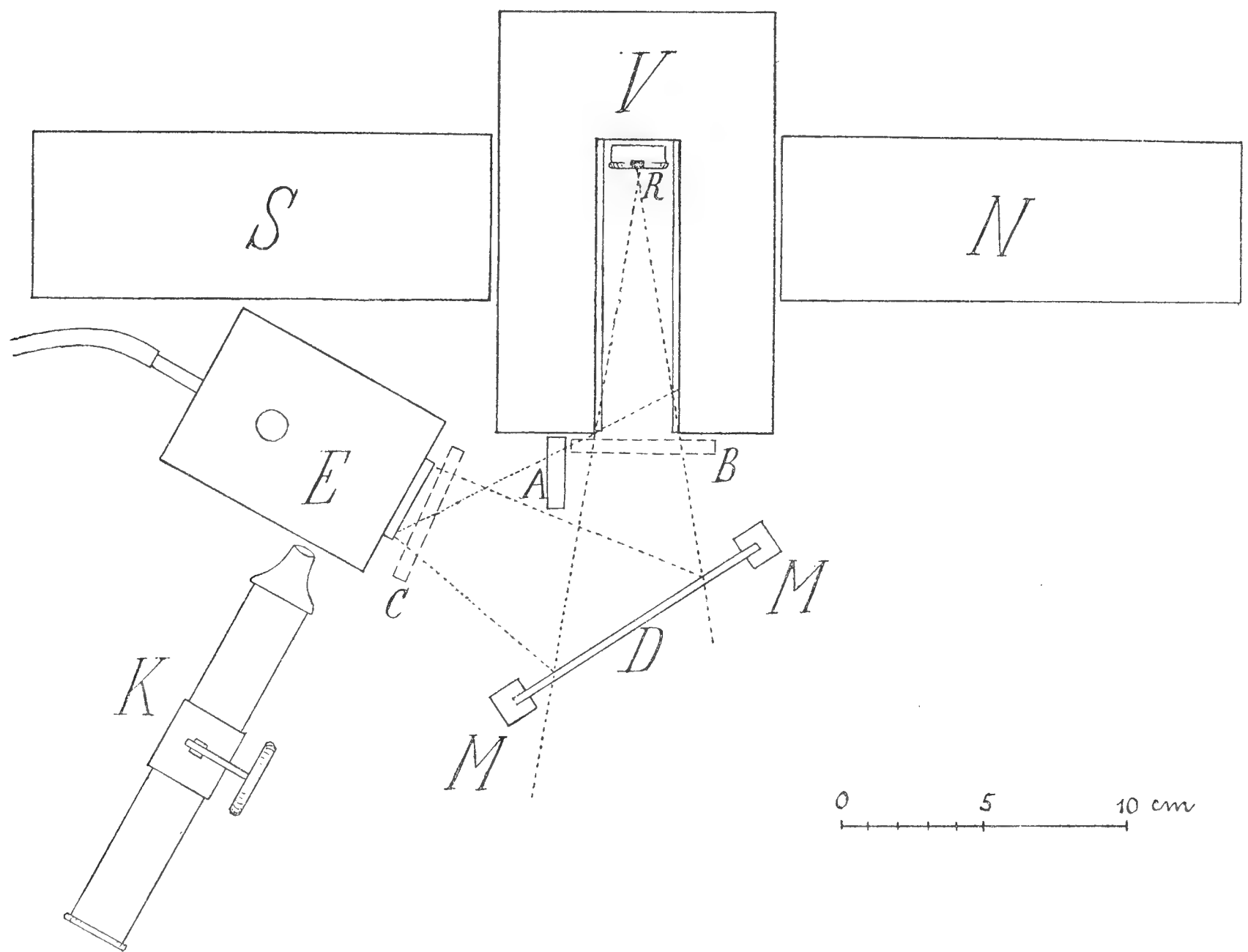


Fig. 2.

α -Strahlen werden im Glimmerblatt, welches das Salz bedeckt absorbiert so dass nur die β - und γ -Strahlen heraustreten. Die Radiumkapsel *R* befand sich am Ende einer zentralen, (10·4 *cm* tiefen und 2·8 *cm* breiten) Bohrung eines Bleizylinders *V* von 14·5 *cm* Länge und 9·5 *cm* Durchmesser (Fig. 2). Die Wand der Bohrung war ihrer ganzen Länge nach mit einer 2 *mm* dicken Papierschicht bedeckt, um die an dieser Wand entstehende Sekundärstrahlung zu verringern, denn diese kann nach ihrem Austritt aus der Öffnung der Bohrung eine Tertiärstrahlung veranlassen. Der Bleizylinder war zwischen den Polschuben *S* und *N* eines starken Elektromagneten gelagert, da es meine ursprüngliche Absicht war das Magnetfeld dazu zu benützen, um die β -Strahlen seitlich abzulenken und so mit den γ -Strahlen allein experimentieren zu können. Im späteren Verlaufe der Arbeit wurde jedoch das Magnetfeld nicht mehr benützt, da es sich herausstellte, dass es auch auf die Sekundärstrahlung einwirkt und zwar auf eine Weise, der nicht einfach Rechnung getragen werden konnte. Vor

der Öffnung der Bohrung war in einem Winkel von weniger als 45° ein kleines Holzgestell M aufgestellt und festgeklemmt, und zwar so, dass auf die Holzteile die direkte β - und γ -Strahlung nicht auftreffen konnte; darin konnten Platten D aus verschiedenem Material, die als Radiatoren dienten, der Einwirkung von β - und γ -Strahlen ausgesetzt werden. Die so entstandene Sekundärstrahlung fiel durch die seitliche mit einem Glimmerblättchen von 0.0094 mm Dicke bedeckte Öffnung in das Elektroskop hinein und ionisierte das darin befindliche Gas. Das Elektroskop E wurde instinktmässig so aufgestellt, dass der Einfallswinkel der direkten Strahlen

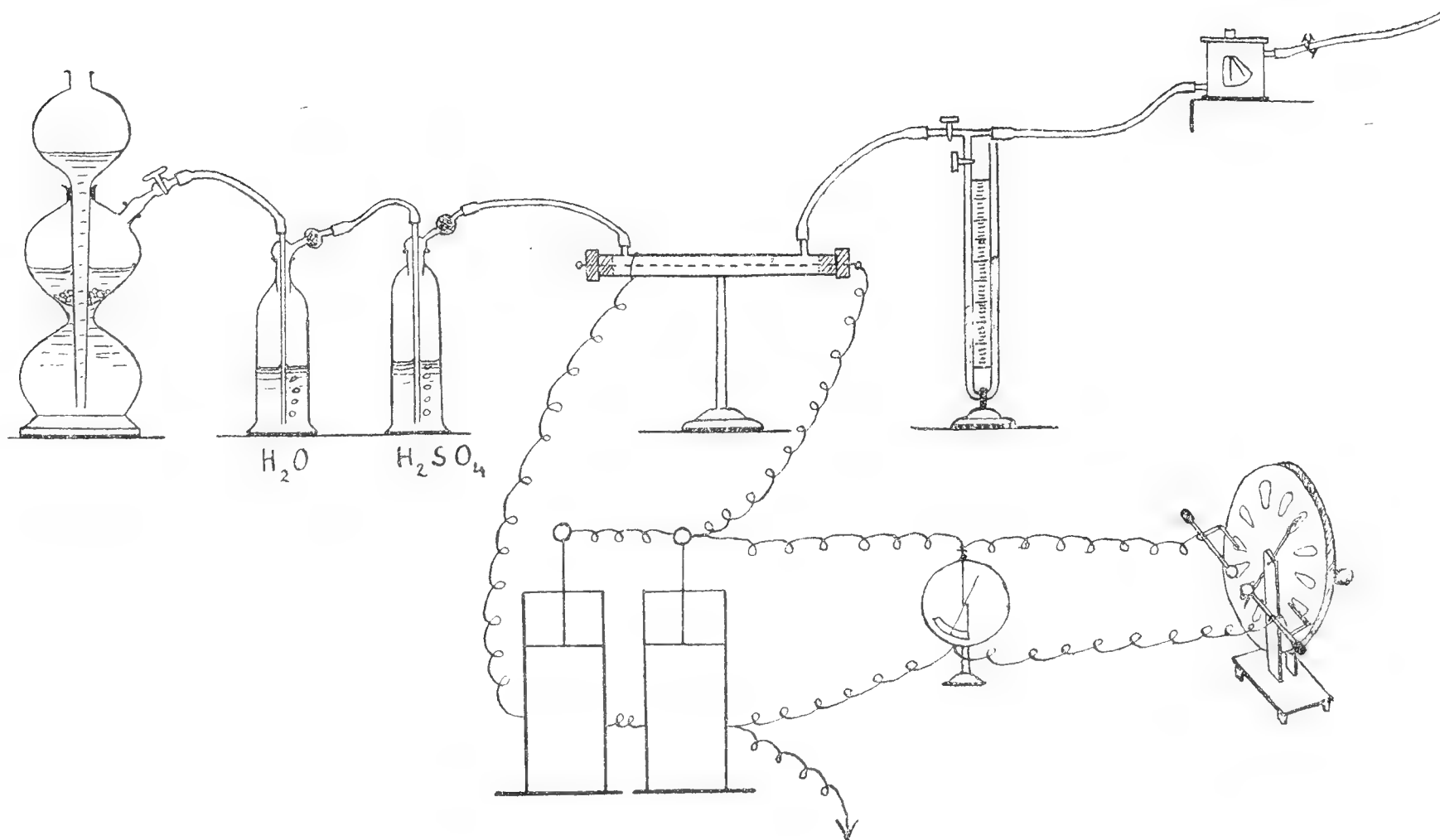


Fig 3.

dem Abgangswinkel der Sekundärstrahlung ungefähr gleich war; später erfuhr ich aus einer weiter unten zitierten Arbeit von Mc Clelland dass in dieser Richtung die Sekundärstrahlung am kräftigsten ist. Damit in das Innere des Elektroskops keine Sekundärstrahlung vom Ende der Bohrungswand eindringen kann (und sie hatte eine merkliche Wirkung), wurde dieser ständig ein Bleischirm A von 6 mm Dicke in den Weg gestellt, der sie absorbierte. Das Elektroskopblättchen wurde mit einem ziemlich stark vergrößernden Mikroskop K anvisiert, welches mit einem Ocularmikrometer versehen war. Es waren etwa 60 Teilstriche seiner nach 0.2 mm geteilten Scala im Gesichtsfeld, und es wurde die Zeit gemessen, welche das Elektroskopblättchen brauchte um 40 Teilstriche zu durchlaufen. (Beim Wasserstoff waren es nur 10 Teilstriche.) Die Zeit wurde mittels zweier mit einer Stoppvorrichtung versehenen Chronometer, die noch Fünftel-Sekunden angaben, bestimmt.

Die Gase, mit welchen das Elektroskop gefüllt wurde, wurden vorher durch destilliertes Wasser und konzentrierte Schwefelsäure durchgetrieben,

und passierten zwei Stopfen aus Glaswolle. Da bei dem Durchgang durch Wasser und Schwefelsäure eine wenn auch schwache Ionisation entstehen könnte, wurden sie durch eine 35 *cm* lange Messingröhre von 2 *cm* Durchmesser hindurchgeleitet, die durch zwei Ebonitpfropfen an beiden Enden verschlossen war und in der Achse einen 1 *mm* dicken isolierten Messingdraht trug. Die Röhre wurde mit der Erde verbunden und der Messingdraht, der mit einer Leydner Batterie verbunden war, auf ein hohes Potential geladen, welches mittels eines Braunschen Elektrometers gemessen wurde. Beim Durchgang des Gases durch das so entstehende starke (500 bis 1000 Volt/*cm*) Feld, werden die gewöhnlichen Ionen an die beiden Elektroden des Feldes getrieben und das Gas auf diese Weise deionisiert. Wenn das Elektroskop mit einem anderen Gase als Luft gefüllt war, so wurde darin ein kleiner Überdruck von einigen *cm* Wassersäule gegenüber dem äusseren barometrischen Druck aufrecht erhalten, der mittels eines Wassermanometers gemessen wurde.

Die Berechnung der Ionisation. Die Ionisation wird gemessen resp. verglichen, indem wir sie dem im Gase bei genügender Voltage entstehenden Sättigungsstrom proportional setzen. Kleine Sättigungsströme werden mittels eines empfindlichen Elektroskops gemessen.

Ist t die Zeit, in welcher der Ausschlag des Elektroskops von φ_1 auf φ_2 fällt, wobei im ersten Falle V_1 und C_1 , im zweiten V_2 und C_2 das Potential resp. die Kapazität des inneren Systems des Elektroskops waren, so ist die Intensität des Sättigungsstroms

$$i = \frac{C_1 V_1 - C_2 V_2}{t}.$$

Wenn wir also die Zeiten für die Verminderung des Ausschlags von demselben Anfangswert auf denselben Endwert bestimmen, so sind die Intensitäten des Sättigungsstroms und also auch die Ionisationen ihnen umgekehrt proportional. In den nachfolgenden Versuchen wurden folgende Grössen gemessen:

1. Der Strom i_0 , welcher im Gase entsteht, wenn die ganze β - und ein Teil der γ -Strahlung des Radiums abgefangen wird, teils durch den Bleizylinder, teils durch einen 6.2 *mm* dicken Bleischirm B (Fig. 2), der vor seine Öffnung gestellt wird. Dieser Strom wird hauptsächlich verursacht durch die γ -Strahlung, welche durch den Mantel des Bleizylinders hindurch in das Elektroskop hinein gelangt, teils aber auch durch eine Sekundärstrahlung, welche an den inneren Wänden des Elektroskops durch den Heraustritt resp. den Auffall dieser γ -Strahlung erregt wird. Die beobachtete Fallzeit des Elektroskopplättchens ist t_0 .

2. Der Strom $i_0 + i_1$, welcher entsteht, wenn der Bleischirm B entfernt wird, und zu den früheren Ionisationsursachen die Sekundärstrahlung der vor der Öffnung befindlichen Luft hinzutritt. Die Fallzeit ist t_1 .

3. Der Strom, welcher entsteht, wenn in den Holzrahmen eine Bleiplatte eingeschoben wird; er ist gleich $i_0 + i_1 + i_P$, wo i_P den Anteil der Sekundärstrahlung der Bleiplatte bedeutet; Fallzeit t_P .

4. Die analoge Stromstärke $i_0 + i_1 + i_x$ für die Sekundärstrahlung eines anderen Stoffes x ; Fallzeit t_x .

5. Die Stromintensität, welche entsteht, wenn das Blei ähnlich wie sub 2., aber nur unter dem Einflusse der γ -Strahlen strahlt, wenn sich also vor der Öffnung der Bleischirm B befindet; sie ist gleich $i_0 + i_\gamma$, und die beobachtete Zeit t_γ .

Wenn man anstatt der Fallzeiten t ihre reziproken Werte τ mit entsprechenden Indices einführt, so gelten die Gleichungen:

$$\begin{aligned} i_0 &= K \cdot \tau_0 \\ i_0 + i_1 &= K \cdot \tau_1 \\ i_0 + i_1 + i_P &= K \cdot \tau_P \\ i_0 + i_1 + i_x &= K \cdot \tau_x \\ i_0 + i_\gamma &= K \cdot \tau_\gamma, \end{aligned}$$

wo K eine Konstante ist, die sich nicht ändert, solange man zwischen demselben Anfangspotential (resp. Anfangsausschlag) und demselben Endpotential beobachtet. Ähnliche Gleichungen gelten auch für jedes andere Gas als Luft im Elektroskop; in diesem Falle schreiben wir die Stromstärken, resp. Ionisationen und reziproke Zeiten grosse Buchstaben I und T .

Daraus folgen folgende Beziehungen:

$$\begin{aligned} 1. \quad \frac{i_x}{i_P} &= \frac{\tau_x - \tau_1}{\tau_P - \tau_1} \\ 2. \quad \frac{i_1}{i_P} &= \frac{\tau_1 - \tau_0}{\tau_P - \tau_1} \\ 3. \quad \frac{i_\gamma}{i_P} &= \frac{\tau_\gamma - \tau_0}{\tau_P - \tau_1} \\ 4. \quad \frac{I_P}{i_P} &= \frac{T_P - T_1}{\tau_P - \tau_1} \\ 5. \quad \frac{I_0}{i_0} &= \frac{T_0}{\tau_0}. \end{aligned}$$

Die erste und die zweite geben die relativen, auf Blei bezogenen Intensitäten der Sekundärstrahlung des Stoffes x resp. der Luft; die dritte gibt den Anteil der γ -Strahlen an der Erregung der Sekundärstrahlung von Blei. Die vierte gibt die relative Ionisation eines Gases bezogen auf

Luft als Einheit durch die Sekundärstrahlung von Blei; dieselbe Grösse für die Strahlung eines anderen Stoffes muss man nicht gesondert berechnen, da sie sich als

$$\frac{I_x}{i_x} = \frac{\frac{I_x}{I_P}}{\frac{i_x}{i_P}} \cdot \frac{I_P}{i_P}$$

aus bekannten Daten ergibt.

Bei der Berechnung der Grösse $\frac{I_P}{i_P}$ muss noch berücksichtigt werden, dass die Drücke, unter denen die beiden zu vergleichenden Gase bei der Messung standen, im allgemeinen nicht gleich sind. Wenn man sie mit B und b bezeichnet, so gilt

$$\frac{I_P}{i_P} = \frac{T_P - T_1}{\tau^P - \tau_1} \cdot \frac{b}{B},$$

da die Ionisation in ziemlich weiten Grenzen dem Druck proportional ist.

Die fünfte Beziehung gibt die relative Ionisation in verschiedenen Gasen, welche durch harte γ -Strahlen, die die Wand des Bleizylinders (3.5—5 *cm*) durchdrungen haben, verursacht wird.

Gase und Radiatoren. Die Luft wurde in das Elektroskop entweder von aussen her oder aus dem Zimmer eingeleitet; die Ergebnisse waren in beiden Fällen die gleichen. Der Wasserstoff wurde einem mit Zincum purissimum pro analysi und verdünnter chemisch reiner Schwefelsäure beschickten Kippschen Apparate entnommen; die Kohlensäure wurde aus chemisch reiner Salzsäure und Marmorstückchen bereitet. Der Sauerstoff entstammte aus einem Recipienten der Berliner Sauerstoffabrik. Das Schwefligsäureanhydrid wurde aus Schwefelsäure und saurem schwefligsaurem Natrium bereitet. Als Radiatoren dienten 1 *dm*² grosse und 1 *mm* dicke gewalzte Bleche aus Blei, Aluminium, Zink, Eisen, Kupfer und Nickel, wobei immer drei gleiche hintereinander aufgestellt waren, so dass die Dicke ca 3 *mm* betrug. Glas wurde in der Form von zwei abgewaschenen photographischen Platten von den Gesamtdicke von 3.9 *mm*, Ebonit als eine einzige 2.15 *mm* dicke Platte benutzt.

Von Papier wurden 1 bis 8 Lagen Zeichenpapier von je 0.25 *mm* Dicke angewandt. Aus vier schmäleren Platinplatten wurde eine 1 *dm*² grosse durch seitlich angebrachte Klammern hergestellt, die in der Mitte 0.8, an den Seiten 0.4 *mm* dick war.

Die Messungen.

Als Beispiel, wie die Messungen und die Berechnung durchgeführt wurden, stehe hier ein Auszug aus dem Beobachtungsprotokoll, und zwar eine Reihe mittlerer Genauigkeit.

Tabelle I.

Kohlensäure II.

Barometrischer Druck 747.0 *mm* Hg 0°. Überdruck im Elektroskop 9.0 *cm* H₂O = 7.4 *mm* Hg. Mittlere Temperatur 20.5 C. Das Elektroskop wurde um 3^h p. m. mit CO₂ gefüllt. Chronometer I gibt die Fallzeit von 64—24, Chronometer II von 63—23 Sc. des Mikrometers.

Nro.	Radiator	Schirm	Beobachtgs-Zeit	Chronometer		Mittlere Zeit <i>t</i> sec.	$T = \frac{1}{t} \cdot 10^3$	$T_x - T_1$	$\frac{I_x}{I_P}$
				I	II				
1	Luft	A	^h ^m 3 35 p. m.	^m ^s 5 17.6	^m ^s 5 19.6	—	—	—	—
2	»	A	3 44	5 39.8	5 38.6	—	—	—	—
3	»	A	4 9	5 39.8	5 39.8	339.4*)	2.95 ₀	—	0.040
4	»	A	4 18	5 37.8	5 40.6	—	—	—	—
5	»	AB	4 37	6 19.8	6 21.8	380.8	2.62 ₇	—	—
6	Blei	AB	4 45	6 3.8	6 4.4	364.1	2.74 ₈	—	0.015
7	Luft	A	4 54	5 39.2	5 39.2	—	—	—	—
8	Blei	A	—	1 31.4	1 31.2	91.3**)	10.96	8.01	1.000
9	»	A	5 7	1 31.4	1 31.4	—	—	—	—
10	Aluminium	A	5 13	3 2.8	3 2.6	182.7	5.47 ₅	2.51 ₅	0.314
11	Zink	A	5 17	2 6.4	2 6.0	126.2	7.92 ₆	4.97 ₆	0.621
12	Glas	A	5 21	3 9.0	3 7.6	188.3	5.31 ₄	2.36 ₄	0.295
13	Papier: 1 Schicht	A	5 30	4 51.2	4 52.8	292.0	3.42 ₇	0.47 ₇	0.059
14	3 Schichten	A	5 36	4 20.0	4 19.2	259.6	3.85 ₆	0.90 ₆	0.113
15	5 »	A	5 43	4 13.0	4 12.4	252.7	3.96	1.01	0.126
16	8 »	A	5 48	4 6.8	4 7.0	246.9	4.05	1.10	0.137
17	Luft	A	5 57	5 38.6	5 39.4	—	—	—	—
18	Eisen	A	6 3	2 17.6	2 18.0	137.8	7.26	4.31	0.538
19	Kupfer	A	6 8	2 8.8	2 9.8	129.3	7.73 ₅	4.78 ₅	0.596
20	Nickel	A	6 12	2 9.8	2 10.0	129.9	7.70 ₄	4.75 ₄	0.593
21	Platin	A	6 22	1 35.2	1 36.0	95.6	10.46	7.51	0.938
22	Blei	A	—	1 31.0	1 31.4	—	—	—	—
23	Ebonit	A	—	3 35.8	3 37.4	216.6***)	4.62	1.67	0.208
24	»	A	6 33	3 36.2	3 36.8	—	—	—	—
25	Luft	A	6 48	5 40.4	5 41.0	—	—	—	—

Da beim Wasserstoff eine jede einzelne Messung zu lange gedauert hätte, wenn man zwischen 40 Mikrometerteilen beobachten wollte, so wurde nur zwischen 10 mittleren Teilstrichen (49—39, 48—38) beobachtet, wodurch z. B. die Messung bei der Strahlung der Luft von ca 48 auf 12 Minuten verkürzt wurde. Dadurch wird die Genauigkeit etwas verringert, da der eigentliche Durchgang des Blättchens durch den Teilstrich bei der sehr langsamen Bewegung des ersteren schwer zu bestimmen ist. Auf diese Weise bekam ich die auf der Tabelle II angeführten Zahlen. Es ist zu bemerken, dass die drei Messungsreihen für »Luft« unter verschiedenen Anfangs- und Endpotentialen gewonnen wurden (ca 250—225, 300—275, 350—330 Volt); die Übereinstimmung der Ergebnisse erweist, dass die Voltage zum Sättigungsstrom genügt. Bei den übrigen Gasen war das Anfangspotential ca. 300 Volt.

*) Mittel aus Nro 3, 4, 7, 17, 25. **) Mittel aus Nro 8, 9, 22. ***) Mittel aus 23, 24.

Tabelle II.

Relative Intensitäten der Ionisation infolge der Sekundärstrahlung verschiedener Stoffe in verschiedenen Gasen;
Ionisation durch Sekundärstrahlung von Blei = 1000.

Radiator	H ₂		Luft			O ₂		CO ₂		SO ₂	Mittel	Eve	Mc Clelland	Dichte	Atom- gewicht	Ionisation	Dichte	Ionisation	Atomgew.
														des Radiators					
	I	II	I	II	II	I	II	I	II										
Blei	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	11.3	207	87.5	4.84		
Platin	—	930	—	—	914	—	940	—	938	937	932	—	920	21.4	195	43.5	4.78		
Zink	644½	618	616	623	618	610	625	623	621	627	622	560	650	7.1	65.4	86.7	9.5		
Kupfer	605	597	590	596	590	590	592	601	596	590	595	560	640	8.9	63.6	67.0	9.36		
Nickel	—	588	—	—	584	—	590	—	593	582	587	—	—	8.8	58.7	66.6	10.0		
Eisen	549	548	546	541	544	538	541	536	538	529	541	530	620	7.8	55.9	69.4	9.7		
Aluminium	322	298	319	319	315	317	304	321	314	319	315	300	330	2.7	27.1	117	11.6		
Glas	295	293	286	296	290	295	295	293	295	281	292	312	310	2.5	—	117	—		
Ebonit	218	229	203	217	215	209	—	209	208	205	212	227	270	1.2	—	177	—		
Papier: 1 Schicht	67	55	—	62	60	54	62	60	59	51	59	—	—	—	—	—	—		
» 3 Schichten	—	119	—	127	118	109	117	121	113	106	116	—	—	—	—	—	—		
5 »	—	135	—	—	135	—	134	—	129	—	33	—	—	—	—	—	—		
8 »	151	137	134	134	140	141	148	143	137	134	140	149	230	0.8	—	175	—		
Luft	48	47	—	39	41	38	39	34	40	35	40	—	—	0.0012	—	33000	—		
Sek. γ-Strahlung	0.009	0.012	0.008	0.010	0.009	0.013	0.014	0.011	0.012	0.0.5	0.015	0.19	—	—	—	—	—		
Sek. γ+β-Strahlung																			

Endlich wurden noch gesonderte Messreihen zur Bestimmung von $\frac{I_P}{i_P}$ und $\frac{I_0}{i_0}$ gemacht und zwar in der Weise, dass die Grössen τ_0, τ_1, τ_P zuerst bei Luft und womöglich anschliessend für ein anderes Gas gemessen wurden. Übersicht der Ergebnisse enthält die Tabelle III.

Tabelle III.

Relative Ionisation verschiedener Gase durch die

Sekundärstrahlung $\left(\frac{I_P}{i_P}\right)$
und harte γ -Strahlung $\left(\frac{I_0}{i_0}\right)$.

Gas	$\frac{I_P}{i_P}$	β -Strahlen Strutt	$\frac{I_0}{i_0}$	γ -Strahlen Strutt
Luft	1.00	1.00	1.00	1.00
H ₂	0.1605 0.1625	0.157	0.179 0.168	0.169
O ₂	1.20	1.21	1.145	1.17
CO ₂	1.55	1.57	1.51	1.53
SO ₂	1.81 (2.32)	2.31	1.84	2.13

Alle Berechnungen wurden mittels eines 50 *cm* langen logarithmischen Rechenschiebers durchgeführt.

Discussion zur Tabelle II. Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist die auf Blei bezogene relative Ionisation durch Sekundärstrahlen verschiedener Stoffe in allen Gasen innerhalb der Versuchsfehler dieselbe. Man könnte erwarten, dass insbesondere bei den wenig die β -Strahlung absorbierenden Radiatoren die Ionisation wachsen wird, wenn wir zu dichteren Gasen fortschreiten; denn da diese Radiatoren nur die langsamsten β -Strahlen absorbieren, werden sie wahrscheinlich die weichste sekundäre Strahlung aussenden, welche in dichteren Gasen relativ mehr absorbiert werden könnte als in dünneren. Wenn ein solcher Effekt existiert, muss die Differenz der Ionisierungstärke innerhalb der durch die Methode unvermeidlichen Versuchsfehler liegen.

Die Sekundärstrahlung muss also aus einer ziemlich durchdringenden Art bestehen, und kann auf keinen Fall den α -Strahlen analog sein. Die ziemlich grosse Radiation der Luft wird dadurch erklärlich, dass eine sehr

dicke Schicht davon strahlt, wogegen bei den anderen Körpern die ganze Strahlung auf eine ziemlich dünne Oberflächenschicht beschränkt ist. Dies erhellt aus den Angaben für 1, 3, 5 und 8 Schichten von Papier. (Fig. 4.) Je mehr Schichten hinzugefügt werden, desto langsamer wächst die Strahlung und nähert sich einem Grenzwert, welcher dann erreicht wird, wenn die Dicke des Radiators so gross ist, dass die Strahlung von seiner untersten Schicht im Körper selbst absorbiert wird, bevor sie aus ihm heraustreten kann.

In zwei Spalten der Tabelle II sind die Resultate Eves*) und Mc Clellands**) aufgeführt, die sich mit einer ähnlichen Messung der relativen Strahlungsfähigkeit verschiedener Stoffe beschäftigt hatten. Die Übereinstimmung der Resultate der beiden Forscher ist nicht besonders

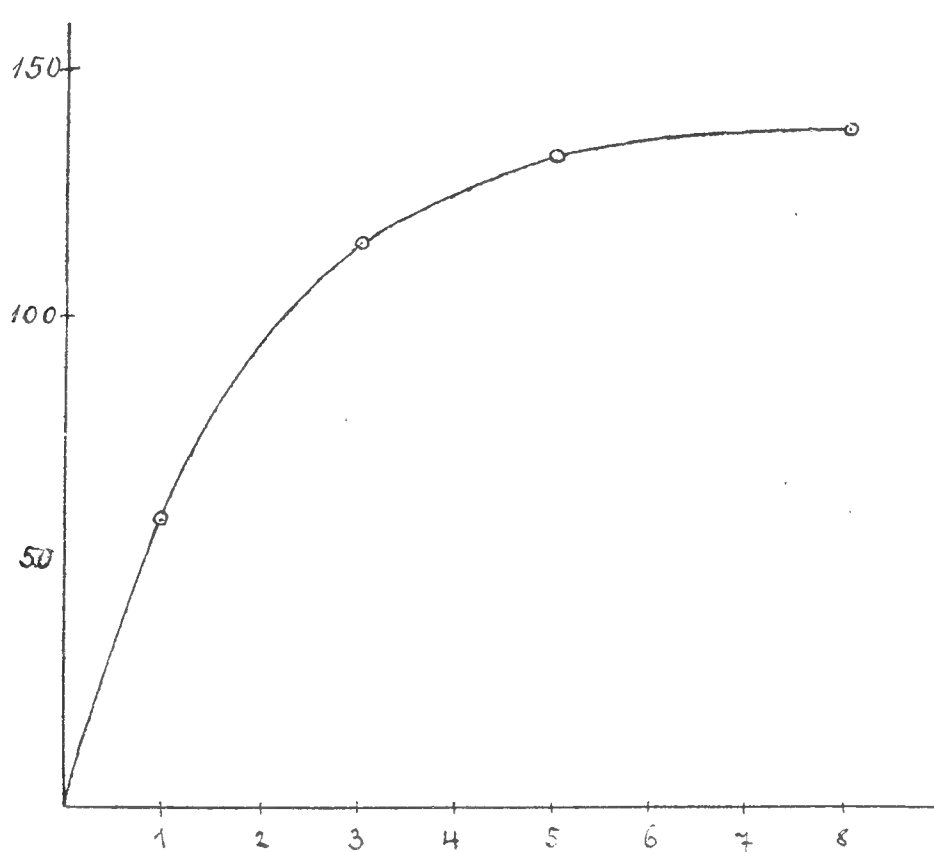


Fig. 4.

befriedigend; die Zahlen der Tabelle liegen meistens zwischen beiden. Das Gesamtergebnis ihrer Arbeiten wird aber durch die Daten der Tabelle bestätigt. Eve fand, dass das Verhältnis $\frac{\text{Sek. Radiation}}{\text{Dichte}}$ gar nicht konstant ist, wogegen Mc Clelland die Vermutung aussprach, dass das Verhältnis $\frac{\text{Sek. Rad.}}{\text{Atomgew.}}$ bestimmte Gruppen bildet, wie z. B. in der Tab. II die Gruppe, wo es ca 5 beträgt, eine zweite, wo es gleich 10 ist etc. Es scheint eher, dass dieses Verhältnis als Funktion des Atomgewichtes aufgetragen eine glatte, zur Abszissenachse schwach konvexe Kurve bildet. Es wären aber mehr Beobachtungen bei verschiedenartigen Atomgewichten nötig, um diese Frage zu entscheiden.

*) A. S. Eve, Phil. Mag. (6) 8. 669. Dez. 1904.

**) J. A. Mc Clelland, Phil. Mag. (6) 9. 230. Febr. 1905.

Allgemein scheint die Intensität der sekundären Radiation mit wachsendem Atomgewichte kleiner zu werden.

In der letzten Zeile der Tabelle II ist das Verhältnis der sekundären Strahlung, die durch γ Strahlen nach dem Passieren eines 6.2 *mm* dicken Bleischirmes hervorgerufen wird, zur gesamten durch alle β - und γ -Strahlen verursachten sek. Radiation angeführt. Aus den Messungen folgt, dass etwa 1 % der Gesamtstrahlung, von den durch den Bleischirm etwas geschwächten γ -Strahlen herrührt. Eve fand dagegen, dass die γ -Strahlen nach Durchgang durch eine 6.3 *mm* dicke Bleischicht etwa 19 % der Sekundärstrahlung veranlassen. Der Teil I der gesamten γ -Strahlung I_0 nach dem Passieren eines Schirmes von der Dicke von x *mm* berechnet sich aus $I = I_0 \cdot e^{-\lambda x}$, wo der Absorptionskoeffizient λ aus der Angabe Rutherfords bestimmt werden kann, dass in einer 9 *mm* dicken Bleischicht 50 % der γ -Strahlen absorbiert werden. Daraus folgt, dass durch eine 6.2 *mm* dicke Schicht 62 % der gesamten γ -Strahlung hindurchdringen. Die totale γ -Strahlung würde also nach meinen Messungen etwa $1.2 \cdot \frac{100}{62} = 1.9\%$,

nach Eves aber $1.9 \cdot \frac{100}{62} = 30\%$ der gesamten sekundären Radiation zur Folge haben. Auf die β -Strahlen allein würden also entweder 98 oder 70 % übrig bleiben. Eves Resultat ist wenig begreiflich, wenn wir bedenken, dass die Ionisierungsstärken der β - und γ -Strahlen des Radiums ungefähr im Verhältnis 100:1 stehen und umgekehrt das Verhältnis des Durchdringungsvermögens ca 1:100 beträgt. In der 3 *mm* dicken Bleischicht des Radiators werden fast alle β -Strahlen und nur ein kleiner Teil der γ -Strahlen aufgefangen, so dass a priori zu erwarten ist, dass die Energie der Sekundärstrahlung hauptsächlich von den β -Strahlen herühren wird.

Deshalb halte ich mein Resultat für weit wahrscheinlicher als dasjenige Eves. Mc. Clelland führt nur an, dass die sekundäre Radiation auf 7 % sank, wenn in den Weg der Radiumstrahlen eine Schicht aus Zinnfolie von 0.4 *mm* Dicke eingeschaltet wurde, durch welche die γ -Strahlen fast gar nicht geschwächt wurden und durch welche noch ein Teil der β -Strahlen durchging. Dieses Ergebnis ist mit meinem in guter Übereinstimmung.

In einigen Versuchen wollte ich das Elektroskop gänzlich vor der sek. Strahlung der Luft unter dem Einflusse der γ -Strahlen (Schirm B) abschirmen und stellte schräg vor seine Öffnung einen dritten Bleischirm C, 6.0 *mm* dick (Fig. 2). Aber in diesem Falle trat statt der erwarteten Verringerung, immer eine wenn auch kleine Vergrößerung der Ionisation auf. Daraus folgt, dass die γ -Strahlen auch da, wo sie aus einem Körper austreten, eine Emission von sek. Strahlung veranlassen, die schon Eve beobachtet hat. Diese Beobachtung führe ich deshalb an, weil die γ -Strahlen eine wenigstens 5 *cm* dicke Bleischicht zu durchdringen hatten und doch

diesen Effekt zeigten. Dadurch werden die Resultate Paschens*) erklärt, ohne die Annahme, dass die γ -Strahlen negative Ladungen mit sich führen.

Diskussion zur Tabelle III. In dieser Tabelle sind unter $\frac{I_P}{i_P}$ die durch die Sekundärstrahlung von Blei in verschiedenen Gasen verursachten relativen Ionisationen, unter $\frac{I_0}{i_0}$ diejenigen durch harte γ -Strahlen verursacht aufgeführt. Zum Vergleich geben zwei nebenstehende Spalten relative Ionisationen durch direkte β - und γ -Strahlen des Radiums, wie sie von Strutt**) bestimmt worden sind. Da die Werte von Strutt als auf ungefähr 1 bis 2% genau bezeichnet werden, so sieht man eine in den Grenzen der Versuchsfehler vollständige Übereinstimmung zwischen den relativen Ionisationen durch Sekundärstrahlen und β -Strahlen des Radiums, sowie durch γ -Strahlen die 1 *cm* (Strutt) oder 3.5 und mehr *cm* Blei (meine Versuche) durchdrungen hatten. Die erste Übereinstimmung bestätigt das Resultat, welches Mc Clelland durch magnetische Ablenkung erhalten hatte, dass die Sekundärstrahlung wenigstens vorwiegend aus β -Strahlen besteht. Keineswegs bestätigt sich die Vermutung Rutherfords, dass auf der Anprallstelle der Elektronen eine weiche Roentgenstrahlung entstehen würde. Da weiter in der Formel

$$\frac{I_x}{i_x} = \frac{\frac{I_x}{I_P}}{\frac{i_x}{i_P}} \cdot \frac{I_P}{i_P}$$

der Faktor bei $\frac{I_P}{i_P}$ nach der Tabelle II in den Grenzen der Versuchsfehler überall gleich 1 ist, sind auch die rel. Ionisationen durch Sekundärstrahlen verschiedener Radiatoren innerhalb der Versuchsfehler gleich. Es bleibt nur noch die Nichtübereinstimmung in der letzten Zeile, beim Schwefligsäureanhydrid zu erklären übrig. Sie steht im Zusammenhang mit besonderen, bei frisch bereiteten Gasen auftretenden Erscheinungen.

Die Ionisation in frisch bereiteten Gasen. Frisch bereitetes SO_2 wurde durch Glaswolle, konz. Schwefelsäure und wiederum Glaswolle in das Elektroskop eingeführt und seine durch spontane Ionisierung und harte γ -Strahlen verursachte Ionisation gemessen. Es ergaben sich Zahlen

*) F. Paschen, Drud. Ann. d. Phys. 14. 164. 1904.

**) R. J. Strutt, Phil. Trans. of the Roy. Soc. A. 196. p. 508. 1901 und Proc. Roy. Soc. 72. p. 208. 1903.

die in der Tabelle IV zusammengestellt und in der Kurve I des Diagramms 5 graphisch aufgetragen sind:

Tabelle IV.

Beobachtungs-Zeit	Fallzeit des Blättchens t sec	Leitfähigkeit $\tau = \frac{1}{t} \cdot 10^5$
0 ^m bis 5 ^{min}	225·3	444
» 11 »	247·9	403 ₅
» 18 »	262·7	381
» 24 »	267·2	374
» 31 »	272 5	367
» 40 »	279·5	358
» 48 »	282·4	354
» 56 »	285·4	350 ₅
» 64 »	285·6	350 ₃
» 73 »	286·9	349
» 95 »	286·2	349 ₆
» 147 »	287·8	348

Wie man sieht, sinkt die Ionisation (und die Leitfähigkeit) zuerst schnell, dann langsamer und erreicht etwa nach einer Stunde einen Wert, der in den Grenzen der Beobachtungsfehler eine lange Zeit konstant bleibt, vorausgesetzt, dass das Elektroskop während dieser Zeit immer geladen bleibt. Bei der Berechnung von Tabelle III benützte ich bei allen Gasen diese konstanten Werte, die sich ca nach 1½ Stunden einstellen, wie auch aus der Tafel I zu ersehen ist. So bekam ich für die rel. Ionisation durch Sekundärstrahlen im SO₃ den Wert 1·81. Wenn man bei der Berechnung den ersten beobachteten Wert bald nach dem Einfüllen des Gases benützt, so bekommt man für die Ionisation von SO₂ die in der Klammer (Tabelle III) angeführte Zahl 2·32 welche mit der Struttschen in einer bemerkenswerten Übereinstimmung steht. Strutt arbeitete nun nach einer Methode, bei welcher die einzelnen Beobachtungen nur eine relativ sehr kurze Zeit dauerten, so dass sie wahrscheinlich in schneller Hintereinanderfolge gemacht wurden. Ausserdem war dabei das el. Feld im Gase nicht so stark, wie bei meinen Messungen, so dass nach einer möglichen Erklärung der Erscheinung, die ich im folgenden geben werde, die Leitfähigkeit im Gase nicht so schnell her-

untersank. Deshalb vermute ich, dass er diese ersten Werte bei der Berechnung benützte. Leider ist in seiner Abhandlung keine Andeutung über diesen Punkt zu finden. Es wäre dringend erwünscht bei den Messungen der Ionisation in Gasen diesem Umstande Rechnung zu tragen. Auch die übrigen Gase, H_2 , CO_2 und sogar auch O_2 , welches aus dem Recipienten entnommen wurde, zeigten diese Erscheinung, wenn auch beiweitem nicht in demselben Masse wie SO_2 .

Die Ionisation in der Luft. Die Erscheinungen in der Luft waren noch verwickelter. In das Elektroskop wurde entweder die Luft aus dem Laboratorium, wo sich die Radiumkapsel ca 3 Wochen lang befand, oder aber von aussen her eingefüllt. Die Erscheinungen waren im ersten Falle ausgesprochener, jedoch ähnlich wie im zweiten. Der Verlauf der Ionisation ist in der nachfolgenden Tabelle V zahlenmässig angegeben, und in den Kurven II und III des Diagramms 5 graphisch dargestellt. Kurve II bezieht sich auf frisch eingefüllte Luft, Kurve III auf Luft, welche nachher während etwa 14 Stunden im entladenen Elektroskop eingeschlossen verblieb.

Tabelle V.

Kurve II			Kurve III		
Beobachtungs- Zeit	Fallzeit t sec	Leitfähigkeit $\tau = \frac{1}{t} \cdot 10^5$	Beobachtungs- Zeit	Fallzeit t sec	Leitfähigkeit $\tau = \frac{1}{t} \cdot 10^5$
0 bis 4 ^{min}	117	854	0 bis 3 ^{min}	121.3	824
» 9 »	124.5	803	» 8 »	126.2	792
» 14 »	127.4	785	» 18 »	127.8	782
» 19 »	129.0	775	» 23 »	127.5	784
» 28 »	127.1	786	» 32 »	128.2	780
» 37 »	130.0	769	» 37 »	128.4	779
» 45 »	131.2	762	» 43 »	128.4	779
» 67 »	131.2	762	» 53 »	129.1	774
Elektroskop entladen:			» 63 »	129.0	775
» 99 »	127.5	785	» 72 »	129.1	774
» 104 »	127.8	783	» 102 »	129.4	772
» 109 »	129.1	774			
» 115 »	130.7	765			
» 127 »	131.2	762			
» 135 »	131.1	763			

Ein Versuch zur Erklärung des zeitlichen Verlaufs der Ionisation in frisch bereiteten Gasen und in der Luft. Das frisch bereitete Gas ist ionisiert, aber nicht durch gewöhnliche Ionen, welche z. B. bei der Bestrahlung durch Bequerel- oder Roentgentralen etc. ent-

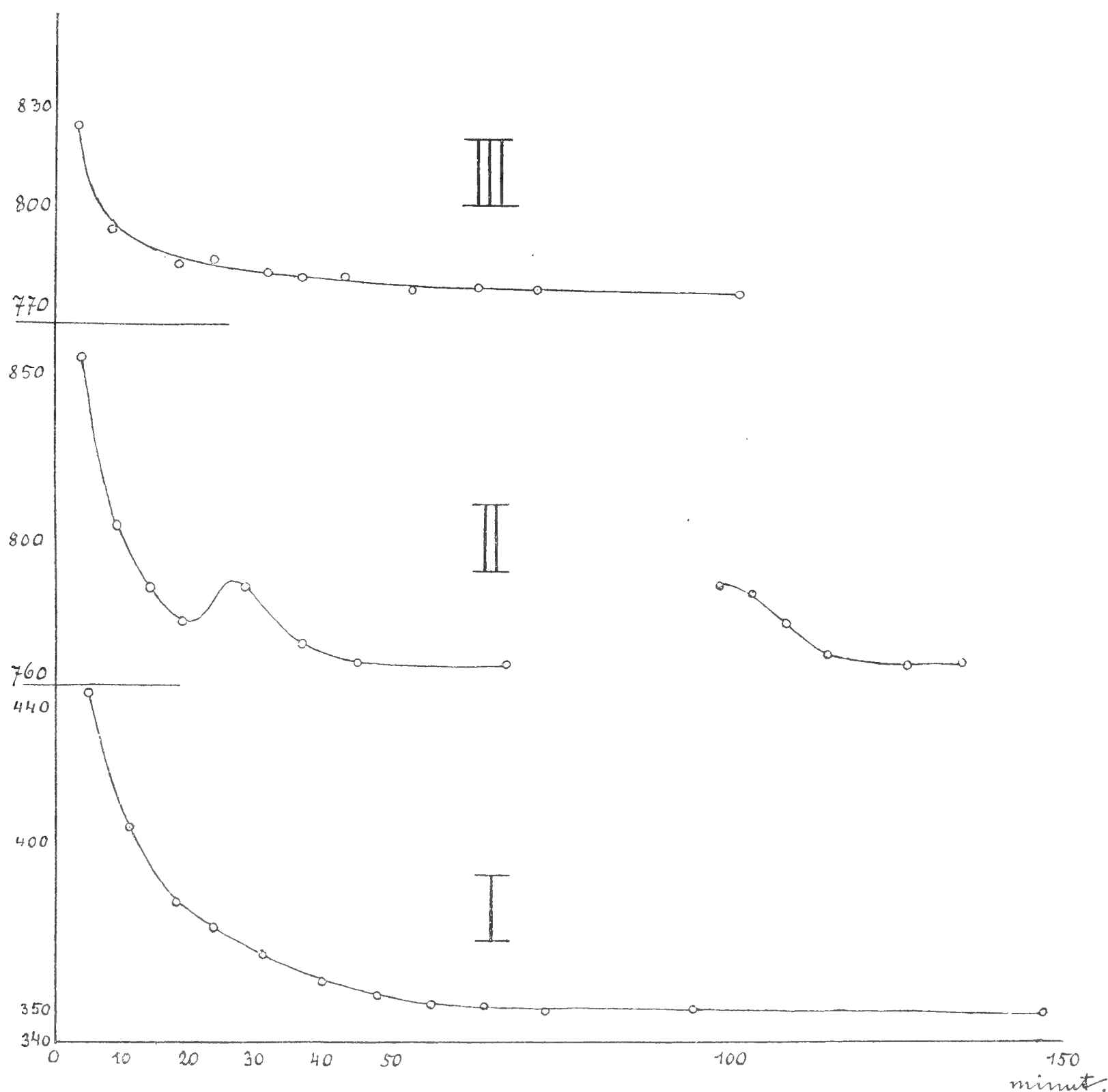


Fig. 5.

stehen. Diese gewöhnlichen Ionen besitzen nämlich eine ziemlich grosse Beweglichkeit (im Felde von 1 Volt/cm in der Grössenordnung von 1 cm/sec), so dass sie im ziemlich starken Felde innerhalb des Elektroskops sehr schnell innerhalb weniger Sekunden verschwinden müssten. Die Ionen, welche im frisch bereiteten Gase zugegen sind, brauchen aber immer eine ziemlich lange Zeit, um zu verschwinden, so dass sie eine ausserordentlich kleine Beweglichkeit und ausserdem auch einen sehr kleinen Koëffizienten der Rekombination besitzen müssen. Es wäre vielleicht nicht unmöglich, dass es sich um sehr langsame Ionen handelt, die Bloch*) neuerdings gefunden und bei denen er einen ausserordentlich kleinen Rekombinationskoëffizienten bestimmt trat. Dass es sich wirklich um eine gewisse Art von Ionisation handelt, erhellt aus folgenden Versuchen:

*) E. Bloch, Journ. de Phys. (4) 3, p. 913. 1904 C. R. 138. 1599. 1904.

Wenn ein frisch bereitetes Gas ständig durch ein geladenes Elektroskop hindurchgeht, so etabliert sich ein Gleichgewichtszustand zwischen den stetig gelieferten und den durch das Feld auf die Elektroden weggetragenen Ionen. Die Fallzeit des Blättchens, welche bei einem derartig eingerichteten Versuch beobachtet wurde, war $4^m 30^s$, $4^m 29^s$, $4^m 35^s$, $4^m 36^s$, $4^m 26^s$, $4^m 30^s$. Wenn der Gasstrom schneller durch das Elektroskop geleitet wird, so werden in derselben Zeit mehr Ionen geliefert, und es ist zu erwarten, dass die Fallzeit der Blättchen kleiner wird; der Versuch ergab $4^m 6.6^s$, $4^m 8^s$. Aber ein solcher Gasstrom führt auch eine sehr grosse Menge von nicht verbrauchten Ionen wieder weg. Die grösste Leitfähigkeit ist also zu erwarten, wenn man das nicht geladene Elektroskop mit frischem Gase füllt und dann die Leitfähigkeit bestimmt. Zwei derartige Versuche ergaben die Fallzeit von $3^m 51^s$ und $3^m 51.5^s$. Augenscheinlich geschehen die Rekombinationen von diesen trägen Ionen sehr langsam, so dass das hauptsächlichste Mittel, um sie aus dem Gase zu entfernen, das elektrische Feld ist; je stärker ein Feld ist und je länger es wirkt, desto schneller muss die Leitfähigkeit sinken. Es wurde also wiederum das ungeladene Elektroskop mit frischem Gase gefüllt und die Fallzeit von $3^m 51^s$ gemessen; dann blieb das Elektroskop ca 5 Minuten lang auf etwa 300 Volt geladen und im Anschluss daran wurde die Fallzeit zu $4^m 21.5^s$ bestimmt. Wenn es nachher während 7 Minuten auf 600 Volt geladen gehalten wurde, stieg sie auf $5^m 1.3^s$. Sowohl der zeitliche Verlauf der Ionisation als auch alle diese Versuche sind auf Grund der Hypothese über die Anwesenheit von sehr trägen Ionen im frisch bereiteten Gase leicht zu erklären.

Der Verlauf der Kurve II, Diagramm 5 für Luft erinnert an die Kurven von Curie*) für den Abfall der Aktivität von Körpern, die während einer sehr kurzen Zeit dem Einflusse der Radiumemanation ausgestellt waren, wenn man bedenkt, dass daneben noch eine andere konstante und relativ sehr starke Quelle der Ionisation (nämlich die harte γ -Strahlung) tätig ist. Alle diese Versuche wurden nämlich angestellt in Gegenwart von Radium, wie es Fig. 2 veranschaulicht. Es muss nur der zweite Teil der Kurve II überraschen, nachdem das Elektroskop von der 67. zur 97. Minute im ungeladenen Zustande gestanden hatte. Die Leitfähigkeit stieg während dieser Zeit etwas an und kehrte zum ursprünglichen Werte erst dann zurück, nachdem im Gase durch eine längere Zeit hindurch ein el. Feld hergestellt war. Ähnlich stieg sie auch an, wenn die Luft im Elektroskop über die Nacht während ca 14 Stunden gestanden hatte. Es handelt sich wahrscheinlich um eine Erscheinung, welche derjenigen in frisch bereiteten Gasen analog ist. Desto schwieriger ist es aber hier die Quelle der trägen Ionen aufzufinden. Möglich wäre es, dass bei der Ionisierung der Luft neben den gewöhnlichen auch diese wenig beweglichen und sich schwer

*) P. Curie, Phys. ZS. 5. 316. 1004.

rekombinierenden Ionen entstehen; während einer halben Stunde entstanden bei der Ionisation durch harte γ -Strahlen so viele, dass die durch sie bedingte Leitfähigkeit ca $\frac{785 - 762}{762} = 3\%$ der Leitfähigkeit infolge gewöhnlicher Ionen betrug. Ob es sich um eine neue Art von trägen Ionen *sui generis* handelt, oder ob es vielleicht suspendierte Staubteilchen sind, die ihre Ladung den gewöhnlichen Ionen verdanken, müssen neue Versuche entscheiden. Der zweiten Möglichkeit steht der Umstand im Wege, dass die Luft beim Einlassen in das Elektroskop durch destilliertes Wasser und konz. Schwefelsäure getrieben und durch 2 Stöpsel aus Glaswolle filtriert wurde.

Zum Schlusse erfülle ich eine angenehme Pflicht, indem ich meinem Chef, dem Vorstand des k. k. physikalischen Instituts der böhm. Universität, H. Hofrat Prof. Dr. Strouhal für die bereitwillige Überlassung der Apparate und Geldmittel des Instituts, die für diese Arbeit nötig waren, bestens danke.

K. k. phys. Institut der böhm. Universität, Prag, Oktober 1905.

Das Verhältnis des Meta- und Mesonephros.

Von

J. Janošík.

(Mit 2 Tafeln.)

Vorgelegt am 3. November 1905.

Indem in dieser Frage immer noch grosse Differenzen zwischen den Forschern bestehen, habe ich es unternommen eigene Beobachtungen zur Klärung dieser Frage anzustellen. Es standen mir vollkommene Serien von *Lacerta agilis*-, Huhn-, Ziesel- und Schweinsembryonen zur Verfügung. Ohne auf die Literatur einzugehen, will ich hier nur in aller Kürze das, was ich gefunden habe, angeben.

Will man diese Frage lösen, so ist es nötig zunächst die Entwicklung des Ureters zu studieren und dann darnach zu trachten, ob zwischen der Ureteranlage und dem Mesonephros irgendwelche Beziehungen in dem Sinne bestehen, dass man die bleibende Niere der Amnioten als ein Derivat einer gemeinsamen Anlage betrachten könnte. Erst in zweiter Reihe tritt uns die Frage nach der Entwicklung der gewundenen Kanälchen der Niere und ihr Verhältnis zum Ureter resp. von ihm abgehenden Ästen entgegen. Ich will mich zunächst mit der ersten Frage befassen.

I.

Anfangsstadien der Ureterentwicklung.

Beim Hühnchen kann keine gemeinsame Anlage für den distalen Abschnitt des Mesonephros und der bleibenden Niere nachgewiesen werden. Es zieht zwar eine dichtere Zellzone distal vom Mesonephros dem Wolff'schen Gange entlang, sie reicht aber nicht bis zu jener Stelle, an welcher es zur Anlage des Ureters kommt. Man kann zwar, wenn man jüngere Stadien in den Kreis der Beobachtung zieht, nachweisen, dass

bei ganz jungen Embryonen die Mesodermzellen gleichmässig dicht aneinander gelagert sind. Später wird im proximalen Teil des Embryo und zugleich dorsal entlang dem Medullarrohre das Gefüge der Mesodermzellen mehr locker. Dieses Lockerwerden schreitet nun ventral und caudal weiter vor sich, so dass schliesslich die ursprüngliche Verdichtung nur noch distal vom Mesonephros angetroffen werden kann. Zu dieser Zeit kommt es zur Anlage des Ureters und man könnte leicht zu der Anschauung kommen, dass diese dichter aneinander gelagerten Zellen etwas besonderes vorstellen, was eben nicht der Fall ist. Ist nun die Ureteranlage weiter gewachsen so bildet sich um das blinde Ende derselben eine in loco entstandene Zellanhäufung, von welcher im zweiten Abschnitte des näheren berichtet wird. Diese Zellanhäufung wächst später weiter proximal und man kann dieselbe an einem und demselben Schnitte mit der dem Mesonephros angehörenden Zellanhäufung antreffen. (Fig. 1.) Sie liegt dann ganz getrennt vom Mesonephros und dorsal von demselben. In jüngeren Stadien ist immer das distale Ende der dem Mesonephros angehörenden Zellanhäufung getrennt von jener Zellanhäufung bei dem Ureter. Es ist also das Nierenblastema beim Hühnchen in keinem Zusammenhange mit dem Urnierenblastema und es kann somit von diesem nicht abgeleitet werden.

Es ist auch wichtig hier anzuführen, was Schreiner¹⁾ angibt nämlich, dass der distale Abschnitt des Urnierenblastemas keine Kanälchen mehr produziert. Das kann ich nun auch bestätigen. Es ist nun nicht recht denkbar, dass ein Gewebe, welches an der normalen Stelle keine Kanälchen mehr zustande bringen kann, die Befähigung hätte weiter distal wieder Kanälchen zu produzieren, wie es eben für die Nachnierenkanälchen angeführt wird. Für die genetische Beurteilung der Nachniere ist aber das von grösster Wichtigkeit, was ich beim Hühnchen gefunden habe,²⁾ nämlich dass das distale Ende des Wolff'schen Ganges selbst Sprossen treibt, in welche sich die frei gebildeten Kanälchen öffnen. Diese Beobachtung ist neuerdings wieder von Schreiner und Grafe³⁾ gemacht worden. Dieser letztere hat dieses Verhalten in der ganzen Ausdehnung des Mesonephros gefunden.

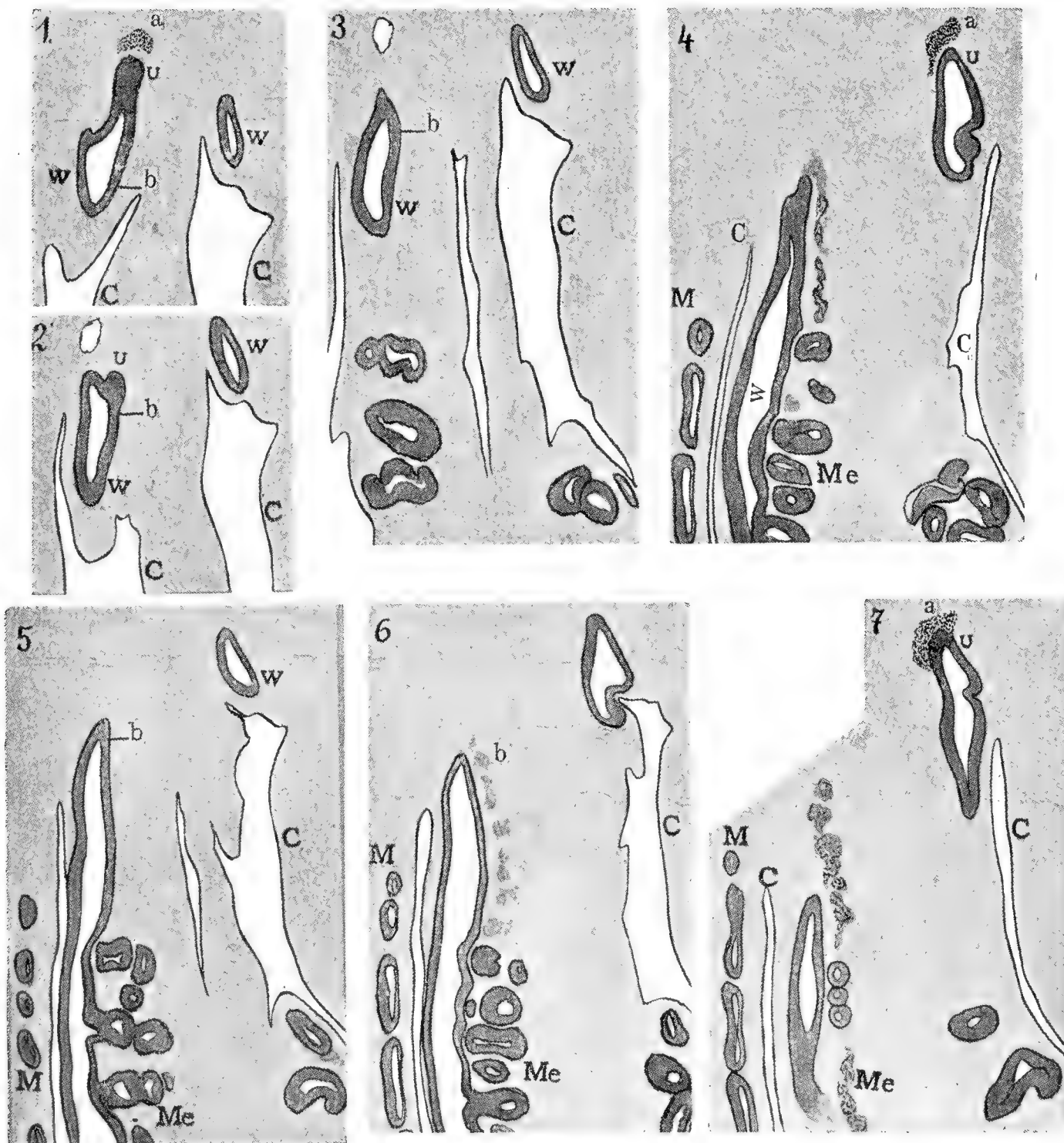
Bei Embryonen von *Lacerta agilis*, von denen ich gerade aus der Zeit, in welcher die erste Anlage des Ureters erscheint, mehrere Schnittserien untersuchen konnte, reicht ebenfalls die Mesonephrosanlage oder irgendein von derselben ausgehendes Blastende nie in jene Gegend, in welcher die

¹⁾ Schreiner: Über die Entw. d. Amniotenniere. Zeitschr. für. wissensch. Zool. Vol. 71. 1902.

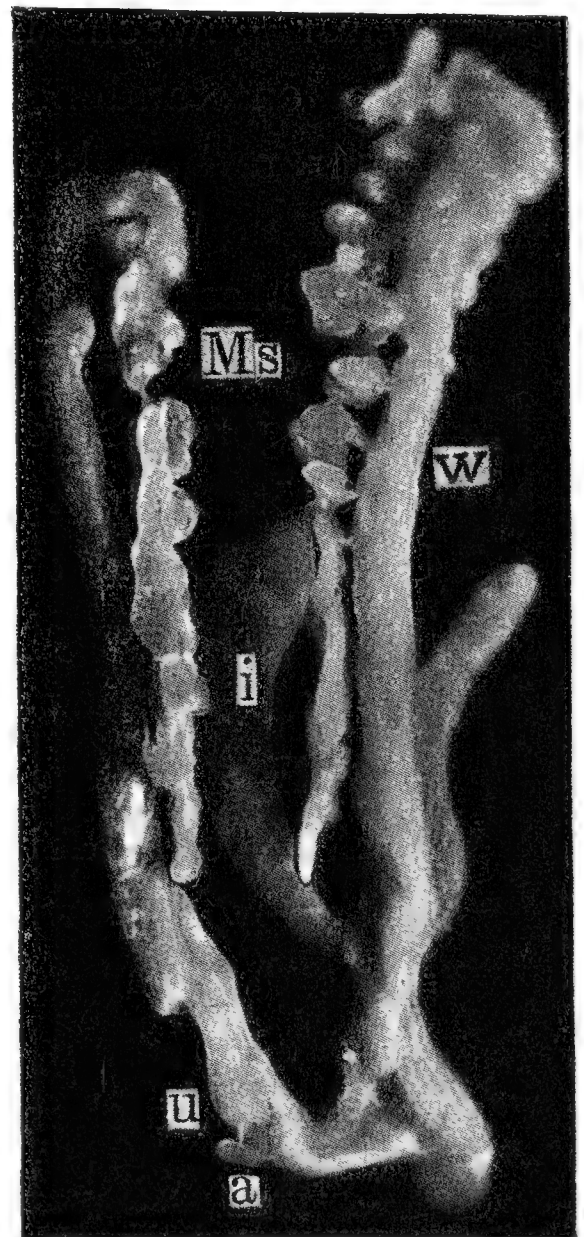
²⁾ Janošík: Histol.-embryol. Untersuch. über d. Urogenitalsystem. Stzb. d. k. Akademie. Wien. 1885.

³⁾ Grafe: Entw. d. Urniere etc. beim Hühnchen. Archiv. für mikr. Anat. Vol. 67. 1905.

Ureteranlage erscheint. Statt langer Beschreibung stelle ich hier die Fig. 2 von einem Embryo mit 40 Mesoblastsomiten. Der Schnitt liegt weiter proximal, als jener Stelle entspricht, an welcher die Ureteranlage später erscheint, man kann aber dem Wolff'schen Gange entlang keine Zell-



a = Zellanhäufung bei dem Ureterende; u = Ureter;
W = Wolff'scher Gang; C = Coelom; M = Mesoblast-
somit; Me = Mesonephros.

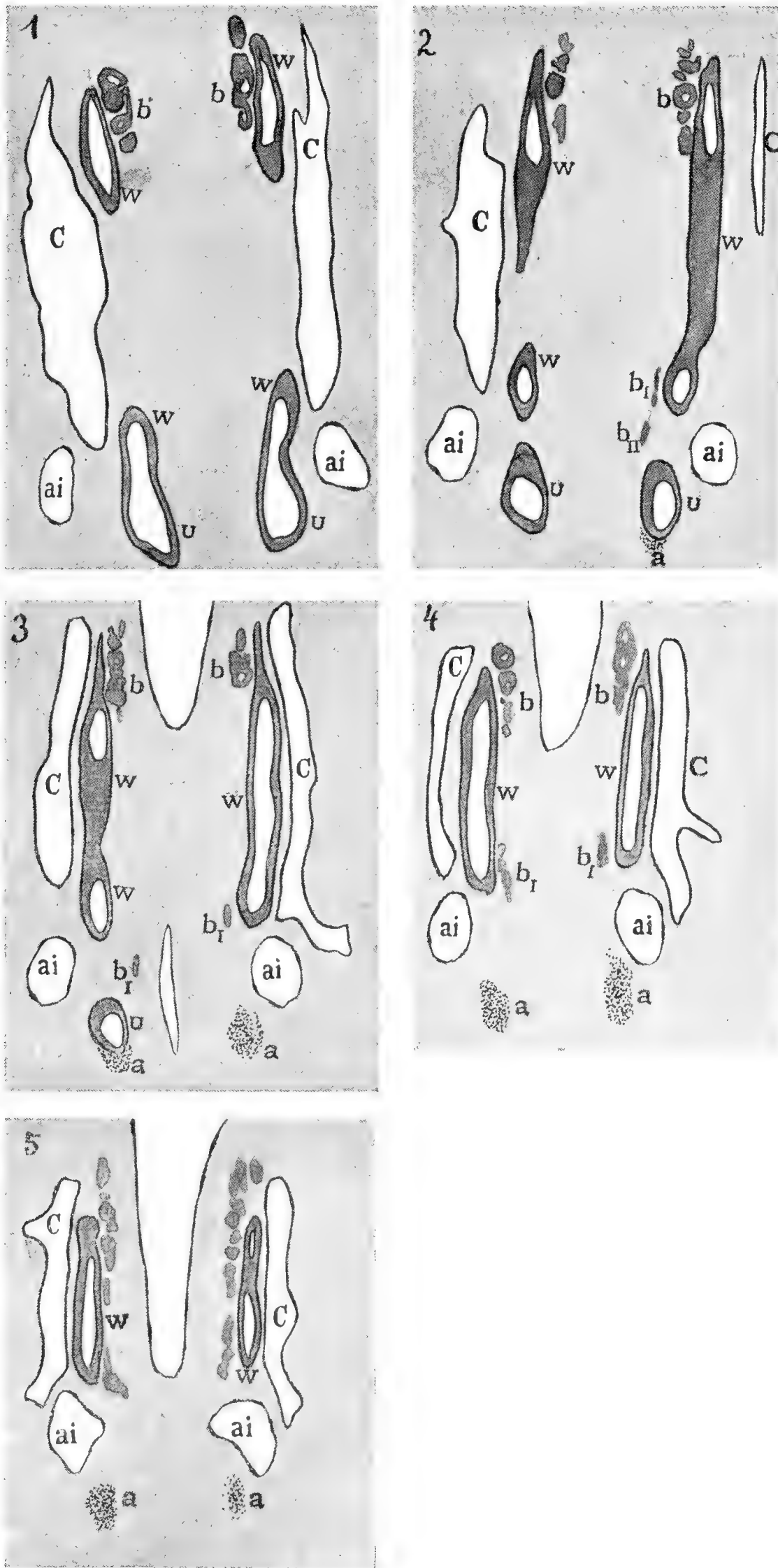


Modell von einem
Eidechsenembryo 3. Tag
nach der Eiablage. i =
Intestinum; u = Ureter;
a = Zellanhäufung um das
Ureterende; Ms = Meso-
nephros; W = Wolff'scher
Gang.

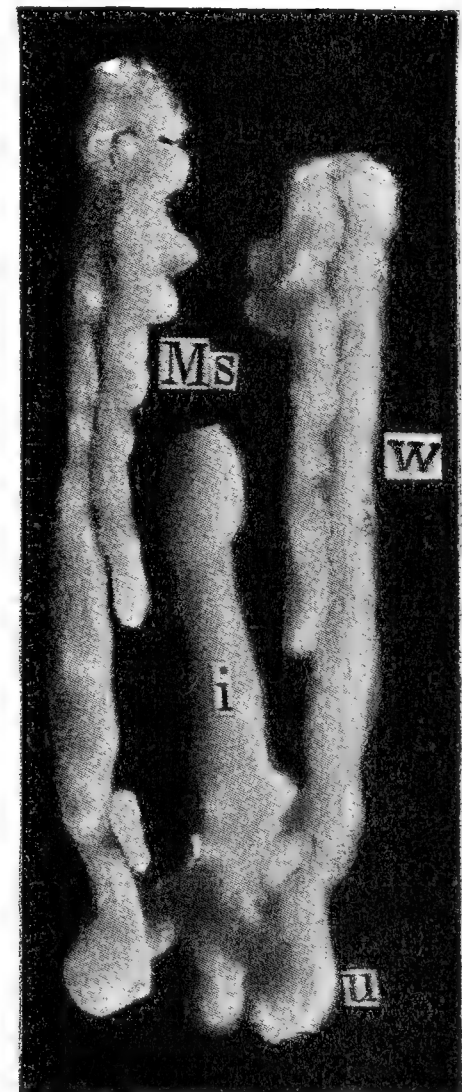
verdichtung nachweisen, welche man als nephrogenes Gewebe auffassen könnte. Untersucht man ältere Stadien, so findet man ebenfalls nie, dass die dem Mesonephros angehörenden Zellgruppen bis zur Ureteranlage reichen würden. So lege ich hier Projektionen von 7 hintereinander gelegter Schnitte von einem Embryo, welcher den 3. Tag nach der Eiablage aus dem Eie herausgeschnitten wurde. Nebstdem ist hier auch die Figur eines nach diesem Embryo angefertigten Plattenmodells beigegeben. In jenen Figuren bezeichnet *b* jene Stelle, bis zu welcher die letzten Zellgruppen des Mesonephros reichen.

In der Fig. 3 ist ein Schnitt abgebildet, welcher gerade die Ureteranlage mit der ihr anliegenden Zellananhäufung, dem Nierenblastema getroffen hat.

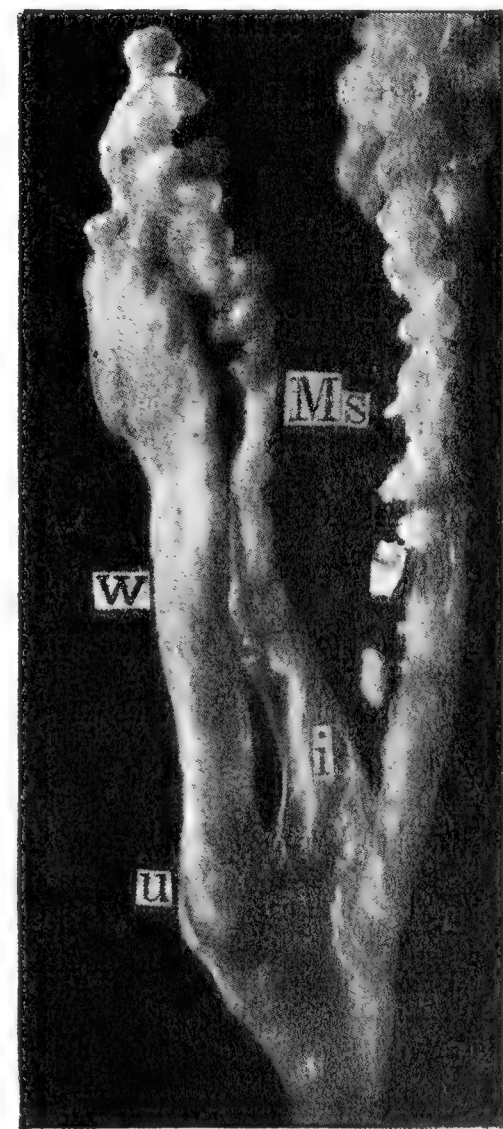
Die hier beigelegten Textfiguren sind von einem älteren Embryo genommen und es ist auch hier die Photographie eines Plattenmodells beigegeben.



a = Zellanhäufung um das Ureterende; b = Zellanhaufen des Mesonephros; C = Coelom; W = Wolffscher Gang; u = Ureter; ai = Arteria iliaca.



Von einem Eidechsenembryo zwei Tage nach der Eiablage. i = Intestinum; u = Ureter. Ms = Mesonephros; W = Wolffscher Gang.



Die Bezeichnungen, wie bei der vorangehenden Figur.

Bei Embryonen vom Ziesel (4.5—5.3 *mm* Länge) finde ich die erste Spur einer Anlage des Nierenganges oder Ureters. In Fig. 4 ist gerade diese Stelle wiedergegeben. Man findet hier auch schon eine Zellanhäufung der Mesodermzellen, welche dieser Anlage anliegen.

In der Fig. 5 ist ein Schnitt reproduziert von einem Embryo von 4.5 *mm* Länge. Die Ureteranlage ist mächtiger und da der Schnitt eigentlich mehr in der sagitalen Richtung geführt wurde, so kann die Zellanhäufung, welche bei der Ureteranlage gefunden wird, auch proximal verfolgt werden. Es erinnert dieses Bild an die vom Schreiner bei Mövenembryonen beschriebenen und abgebildeten Verhältnisse. Man kann hier scheinbar eine Zellverdichtung sehen, welche vom Mesonephros distal bis zur Ureteranlage verfolgt werden kann. Betrachtet man aber dieses Präparat näher, so findet man eine ganz scharfe Grenze zwischen dem Mesonephros und den verdichteten Zellen, welche von der Ureteranlage proximal ziehen. Auch in der Figur ist diese Grenze deutlich bei *a*. Es sind die Zellen des Mesonephros ganz verschieden von jenen des s. g. Nierenblastemas.

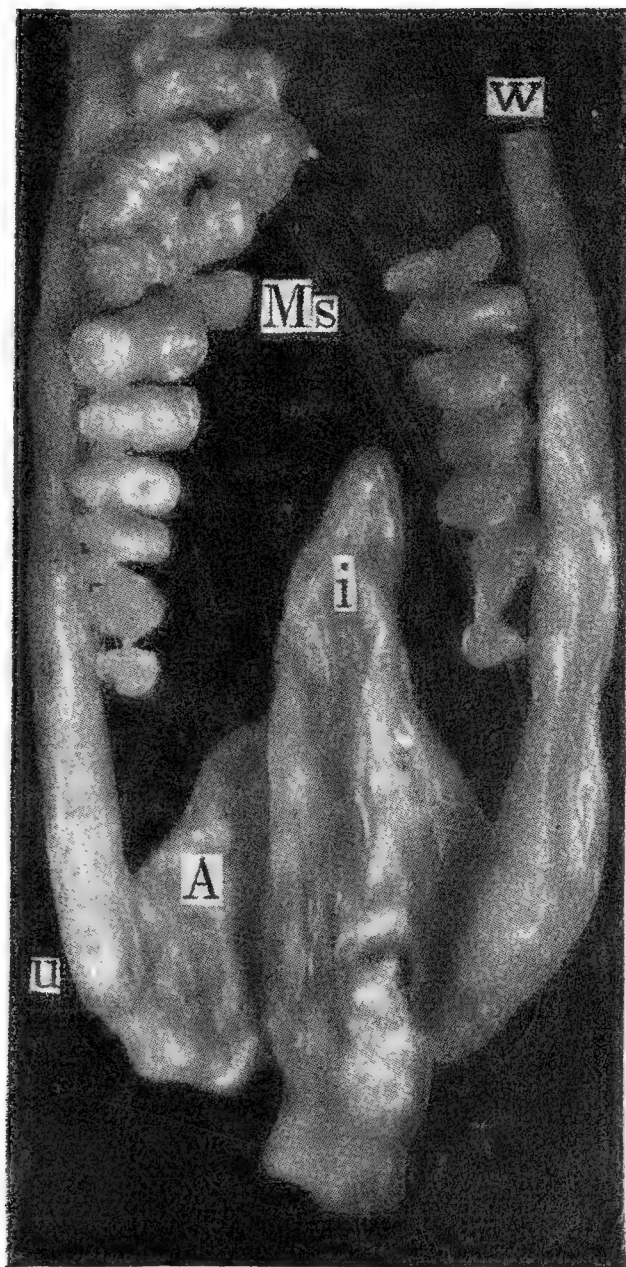
Noch besser belehren uns über die Verhältnisse der Zellverdichtungen Querschnitte von Embryonen dieser Entwicklungsphase. In der Fig. 6 ist ein Schnitt abgebildet, an welchem das am meisten proximal reichende Ende des s. g. Nierenblastemas getroffen ist. Es ist nur durch einige Zellen vertreten, welche der Aorta anliegen. Geht man um einige Schnitte weiter proximal, so erscheint die Urniere; sie ist lateral und etwas ventral gelegen. Es übergehen beide Zellanhäufungen nicht in einander. Die Fig. 7 stammt von einem Embryo von 5.4 *mm* Länge und da sieht man auf der linken Seite der Figur sowohl das Nierenblastema, als auch die Zellgruppe, welche dem Mesonephros angehört. Auf der rechten Seite des Bildes sind noch alle Mesodermzellen gleichmässig dicht gelagert.

Eine Erklärung für diese etwas abweichenden Befunde kann ich zum Teile darin sehen, dass beim Ziesel die erste Spur einer Zellanhäufung, welche als das s. g. Nierenblastema auftritt, an der dorsalen, aber zugleich medialen Seite der Ausbuchtung für den Nierengang anliegt, an dieser medialen Seite verbleibt und weiter wächst. Durch diese Lage kommt es dem Nierenblastema näher zu liegen. Ferner könnte hier die Biegung der Zieselembryonen auch etwas beitragen. Da nun die Zellanhäufung auch sehr weit distal reicht, kommt man auf den Gedanken, dass es sich in dieser Verdichtung der Zellen noch um keine speziellen Elemente handelt, sondern dass hier nur die ursprünglich dicht aneinander gelagerten Mesodermzellen länger so verbleiben, als der Anfang des Nierenganges erscheint, wie es näher beim Hühnchen angeführt wurde und was bei Schweins-embryonen besonders gut beobachtet werden kann.

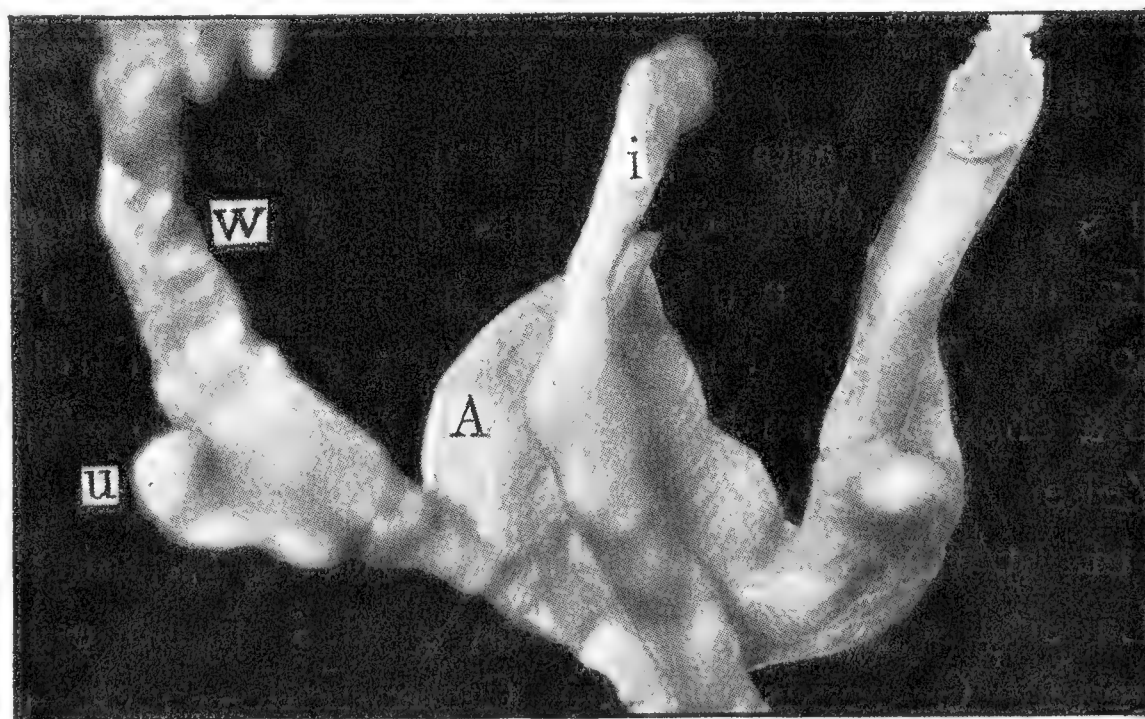
Bei Schweinsembryonen konnte ich ebenfalls eine vollständige Serie der hier in Betracht kommenden Stadien untersuchen und will das hauptsächlichste in aller Kürze hier anführen.

In der Fig. 8 sieht man die erste Spur der Ureteranlage, welche nicht von der Umbiegungsstelle des Wolff'schen Ganges ausgeht, sondern näher der Kloake gelegen ist. In dieser Zeit sind die Mesodermzellen alle

gleichmässig gelagert. Das beigegebene Bild eines Plattenmodells und die Fig. 9 belehren uns am besten über diese Verhältnisse. Später tritt ebenso wie beim Hühnchen auch hier eine Lockerung des Gefüges der Mesodermzellen, welche vom proximalen Ende und von der dorsalen Seite distal und ventral vorschreitet, so dass nur noch in der Schwanzgegend und in den ventral gelegenen Bauchwänden des



Ein Modell von einem Schweinsembryo. A = Allantois; andere Bezeichnungen wie bei den früheren Figuren.



Ein Modell, welches auf beiden Seiten verschiedene Einmündungen des Wolff'schen Ganges in die Kloake zeigt. Bezeichnungen, wie bei früheren Figuren.

Embryo eine Verdichtung übrig bleibt, welche sich von der Ureteranlage zum distalen Ende des Mesonephros zieht (Fig. 10.) und dasselbe sozusagen samt dem Wolff'schen Gange einhüllt.

Es ist auch nötig darauf aufmerksam zu machen, dass Abweichungen vorkommen auch in bezug auf die Art der Einmündung des Wolff'schen Ganges in die Kloake. Es mündet der Wolff'sche Gang zwar immer in laterale Ausbuchtungen der Kloake, welche proximal eigentlich in die Allantois verfolgt werden können, indem der Abschnitt, welcher dem Darne entspricht, dorsal gelegen ist. In der Textfigur ist ein Modell von einem Embryo, bei welchem die Abweichung vorkommt, dass an der linken Seite der Wolff'sche Gang eigentlich in die Allantois einmündet, auf der rechten aber an der gewöhnlichen Stelle. Damit ist auch die Form und Lage des Ureters an der linken Seite eine abweichende. Richtet man auch bei anderen Embryonen sein Augenmerk auf diese

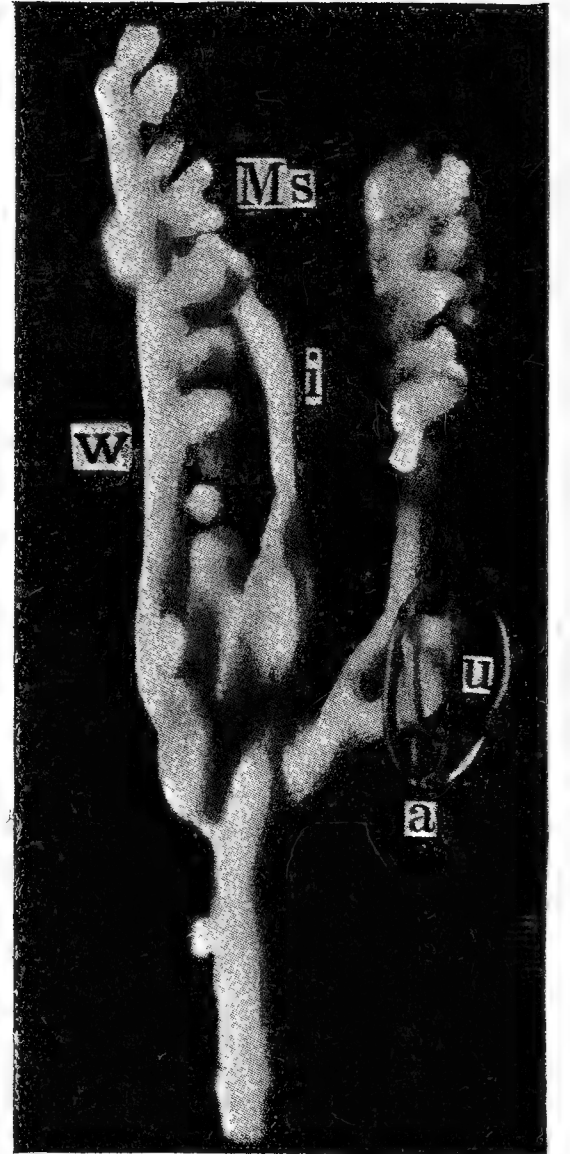
Verhältnisse, so kann man konstatieren, dass viele individuelle Verschiedenheiten zu finden sind.

In der beiliegenden Textfigur ist ein Plattenmodell abgebildet von einem etwas älteren Embryo, bei welchem die Ureteren auf beiden Seiten verschieden entwickelt sind. Auf der einen Seite ist durch Wachsspangen der Umfang der Zellanhäufung um das blinde Ureterende angedeutet. Von diesem Embryo stammt auch die Fig. 11. Es ist das ein in sagitaler Richtung geführter Schnitt, auf welchem das Verhältnis des Ureters und des Mesonephros gut zu sehen ist.

Wenn ich nun meine Befunde über das Blastema im Sinne Sedgwick⁴⁾ oder über das nephrogene Gewebe zusammenfasse, so ergibt sich folgendes:

Bei *Lacerta agilis* bilden sich die Kanälchen des Mesonephros direkt aus den Mittelplatten im Zusammenhange mit dem betreffenden Mesoblastomit. Ausser diesen Zellgruppen oder direkten Bläschen bleiben keine besonders charakterisierten Zellen übrig, welche als Urnierenblastema aufgefasst werden könnten. Ebenso wenig existiert bei *Lacerta ag.* eine Fortsetzung des mesonephrogenen Gewebes in die Gegend des sich entwickelnden Ureters. Die Zellanhäufung um sein blindes Ende entsteht in loco. Beim Hühnchen entstehen im distalen Abschnitte der Urniere die Zellgruppen, welche sich zu Bläschen und dann zu Urnierenkanälchen ausbilden anders als bei *Lacerta*: hier bilden die verschmolzenen Mittelplatten eine verdichtete Zellmasse, in welcher es zur Bildung von Zellgruppen-Bläschen-Kanälchen kommt. Mit dem distalen Ende des Mesonephros hört auch diese verdichtete Zellmasse als etwas irgendwie selbständiges auf und man kann kein Blastema in jene Gegend verfolgen, in welcher die Ureteranlage zu finden ist. Es gibt hierin zwar auch individuelle Verschiedenheiten, aber auch im besten Falle müsste man, wollte man ein selbständiges Blastema hier anerkennen, mehr behaupten als eben nachgewiesen werden kann. Schreiner gibt selbst an, daß diese Bildung bei Mövenembryonen viel besser differenziert ist, als beim Hühnchen.

Beim Ziesel zieht anscheinend ein von der Umgebung sich sehr deutlich abhebendes Band von verdichteten Zellen, wie in der Fig. 5 dargestellt ist. Diese scheinbare Vereinigung kommt so zu stande, daß die Zellenanhäufung sich vom Ureterende ebenso proximal wie distal aus-



Von einem älteren Schweinsembryo.

⁴⁾ Sedgwick: Developm. of the kidney in its relations etc. Quart. Journ. of microsc. sc. 1879.

breitet. Man kann aber dieselbe der Form, der Anordnung und der Lage der Zellen nach vom Urnierenblastema ganz gut unterscheiden.

Bei Schweinsembryonen haben die Mesodermzellen in der Zeit des Auftretens der Anlage des Ureters ein gleichartiges Gefüge und Anordnung. Später erst kann man eine Zellverdichtung sehen, welche die Ureteranlage mit dem Mesonephros zwar nicht verbindet, welche aber beide Teile eigentlich einhüllt: es ist das das noch nicht gelockerte Mesodermgewebe, welches später durch Lockerung seines Gefüges verschwindet. Wenn man dann noch später jene verdichteten Zellen, welche sich um das Ureterende differenziert haben, näher untersucht, so findet man, daß ihre Verbreitung proximal nicht in das distale Ende des Mesonephros, sondern medial von diesem zieht. Daraus ergibt sich, daß es sich hier kaum um einen Prozess oder eine Differenzierung handeln kann, welche von einer so hohen Bedeutung wäre.

Tafelerklärung.

Allgemein gültige Bezeichnungen:

Ms = Mesonephros = Urniere.

Mt = Metanephros = Nachniere

W = Wolff'scher Gang.

Vc = Vena cardinalis.

C = Coelom.

Cl = Kloake.

Ao = Aorta.

U = Ureteranlage.

Fig. 1. Ein Schnitt von einem 1.6 mm langen Embryo von Huhn. Die Zellverdichtung um das Ureterende ist soweit proximal gewachsen, dass man dieselbe als auch den distalen Teil des Mesonephros sehen kann; beide sind gegen einander scharf begrenzt.

Fig. 2. Ein Schnitt von einem Embryo von 40 Mesoblastsomiten von *Lacerta agilis*. Hier ist der Wolff'sche Gang an einer Stelle getroffen, welche weiter proximal gelegen ist, als wo die Anlage des Ureters später auftritt. Man findet hier keine Zellverdichtung, welche vom Mesonephros zu jener Stelle ziehen würde.

Fig. 3. Ein Schnitt durch die Stelle des Abganges des Ureters vom Wolff'schen Gange ebenfalls von *Lacerta agilis* 3 Tage nach der Eiablage. Hier ist die erste Zellanhäufung beim blinden Ende des Ureters zu finden; sie ist mit *a* bezeichnet.

Fig. 4. Vom Zieseembryo 4.5 mm Länge. Die erste Spur der Ureteranlage ist zu sehen, sowie die ihr anliegende Zellverdichtung.

Fig. 5. Ein Sagitalschnitt von einem Zieseembryo von 5.4 mm Länge. Bei *a* ist die Grenze beider Zellverdichtungen.

Fig. 6. Ein Schnitt von einem weiter entwickelten Zieseembryo von 5.8 mm Länge. Hier kann man die Zellverdichtung, welche vom Ureter zieht, ganz gut unterscheiden, sie liegt der Aorta an, jene des Mesonephros ist erst weiter proximal, aber auch mehr lateral und ventral zu finden. Das zeigt uns die

Fig. 7. In diesem, von einem 5·4 *mm* langen Zieseembryo stammenden Querschnitte, sieht man auch, dass an der rechten Seite noch keine Lockerung des Gefüges der Mesodermzellen in dieser Gegend nachzuweisen ist.

Fig. 8. Ist ein Schnitt von einem Schweinsembryo, an welchem die erste Spur der Ureteranlage zu sehen ist. Das Gefüge der Mesodermzellen ist überall das gleiche.

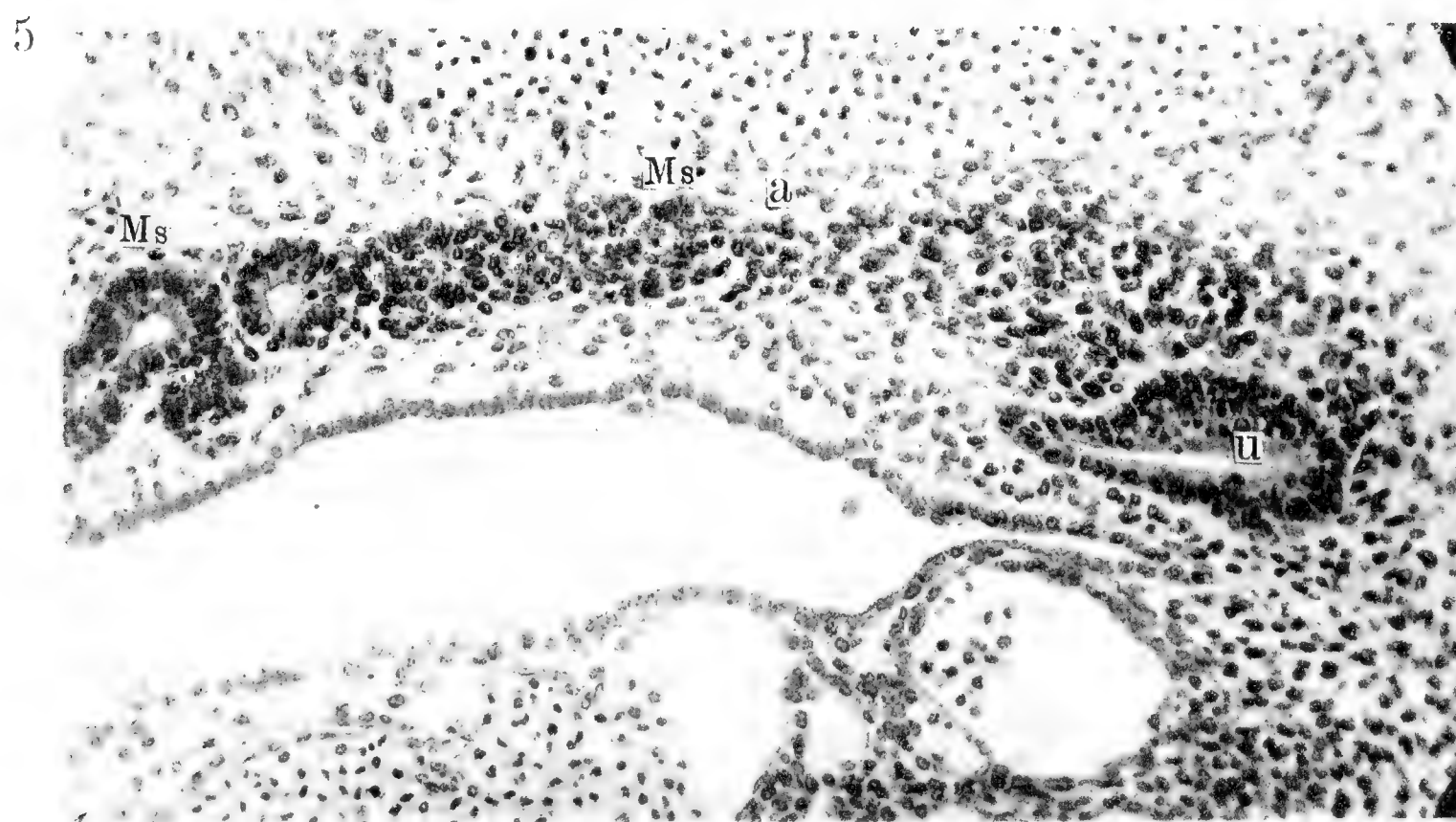
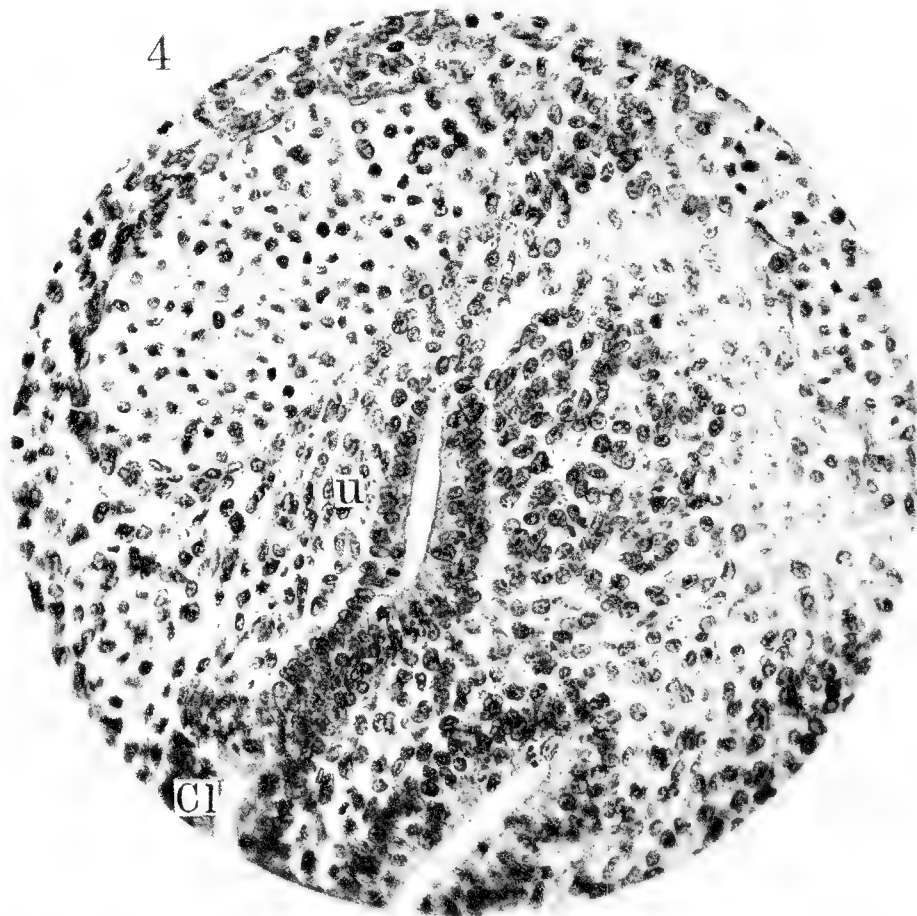
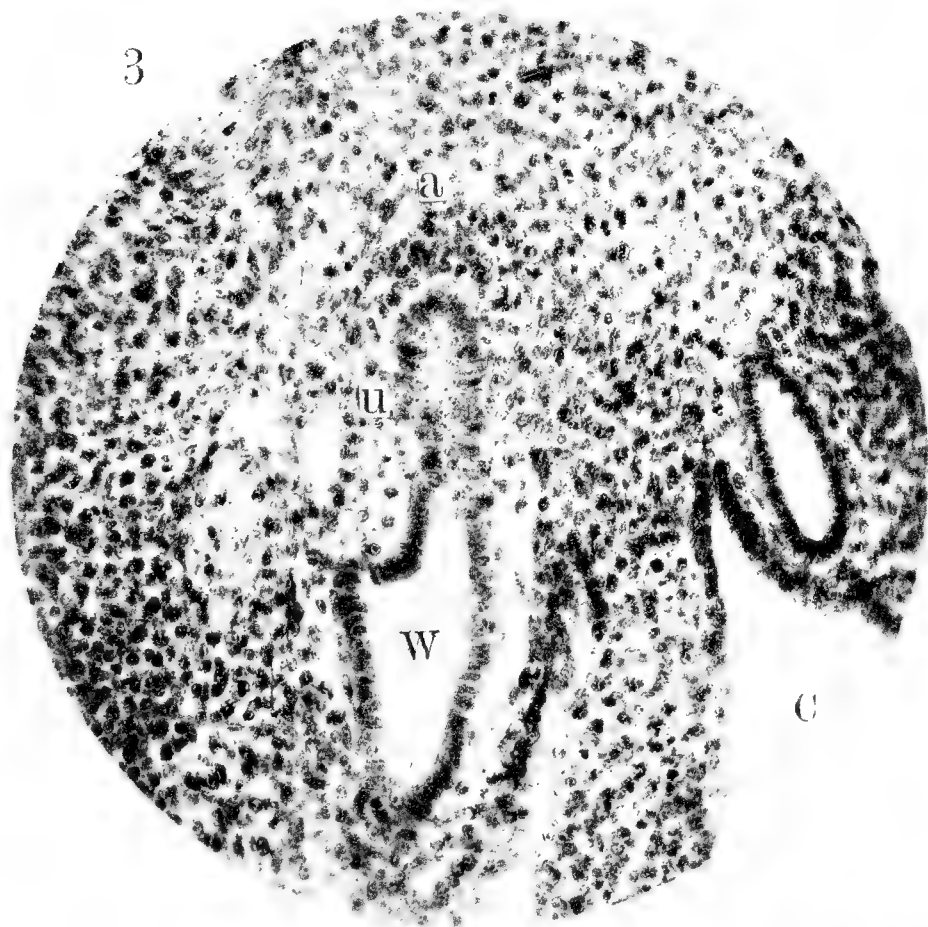
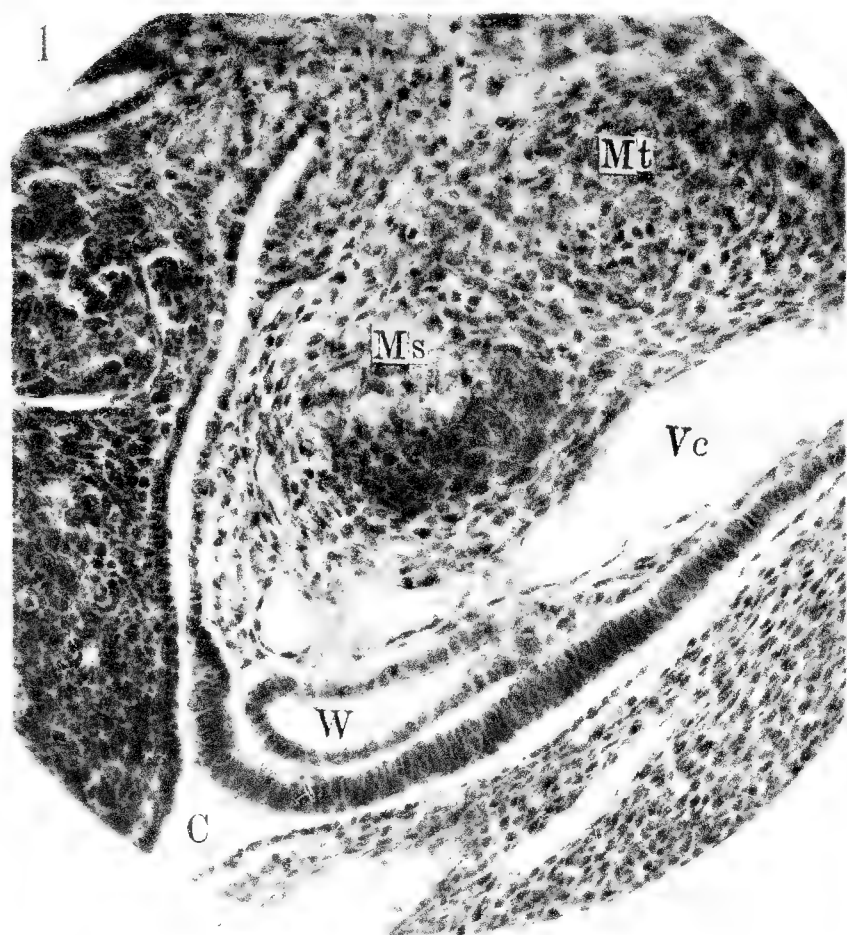
Fig. 9. zeigt annähernd dasselbe, nur ist die Schnittrichtung mehr sagital und deshalb umso instruktiver.

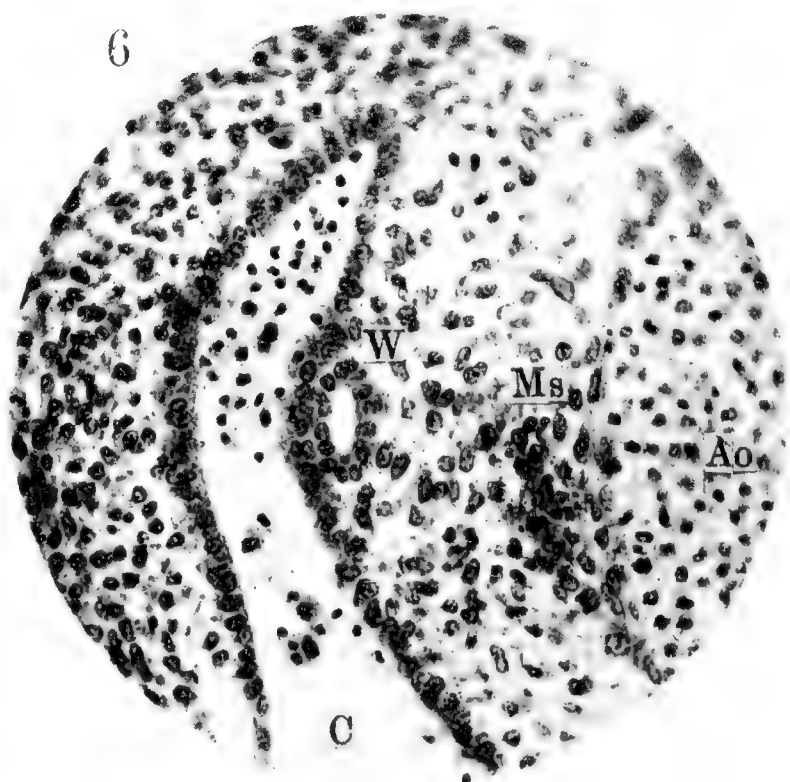
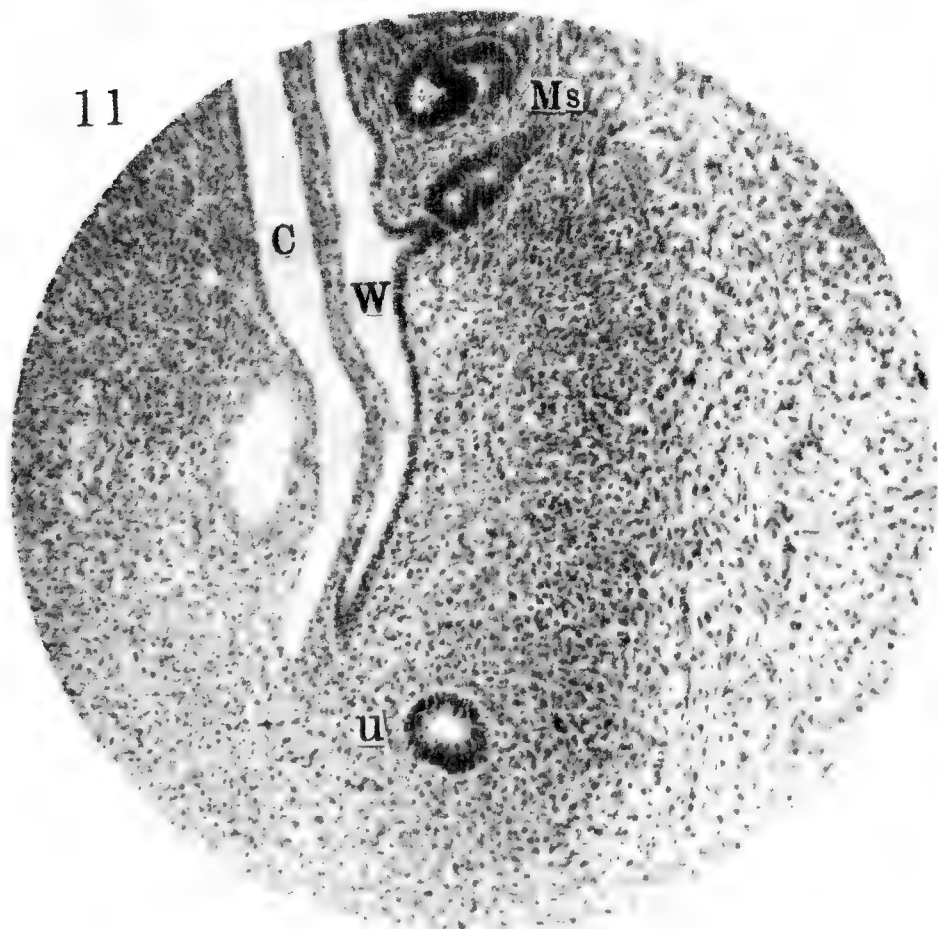
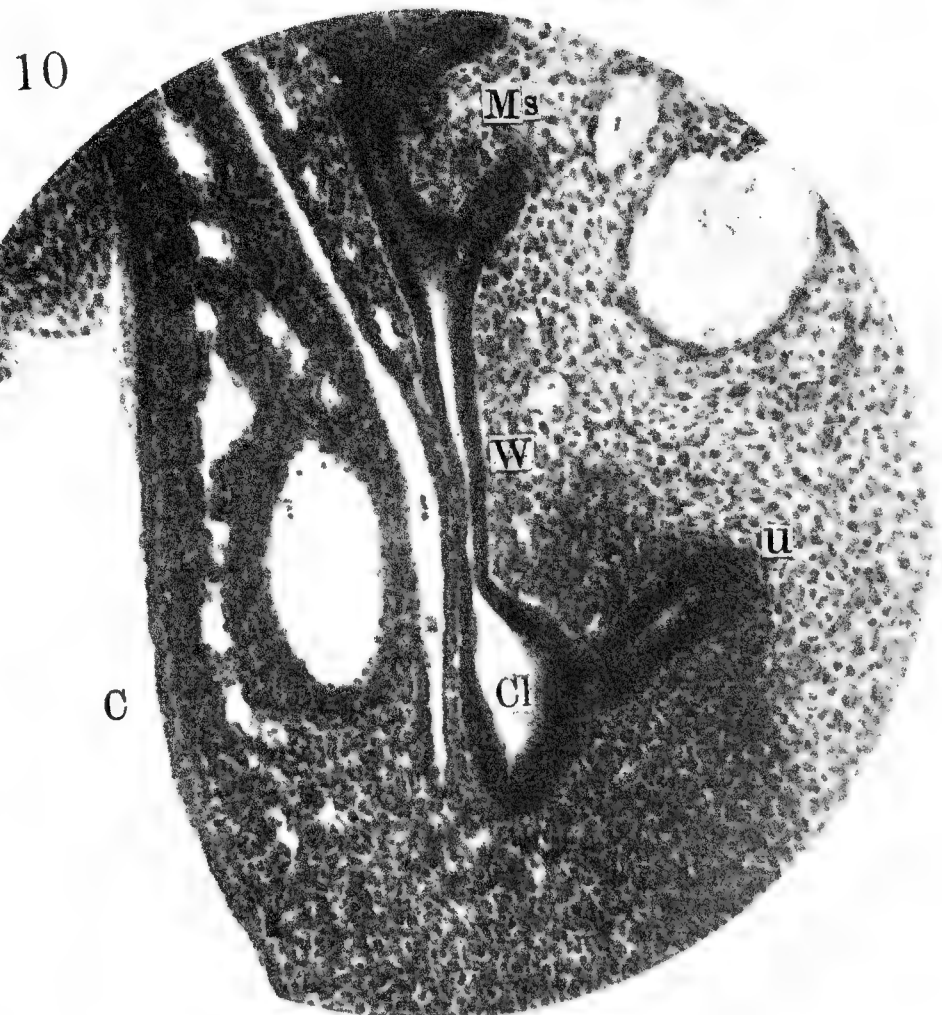
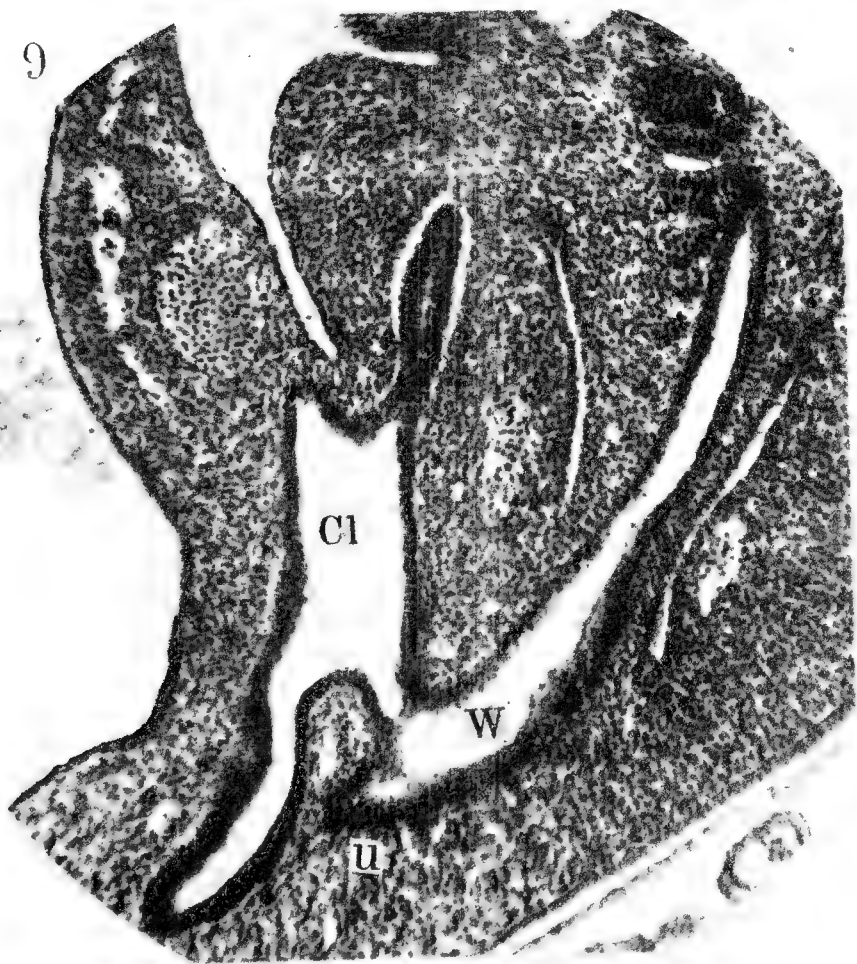
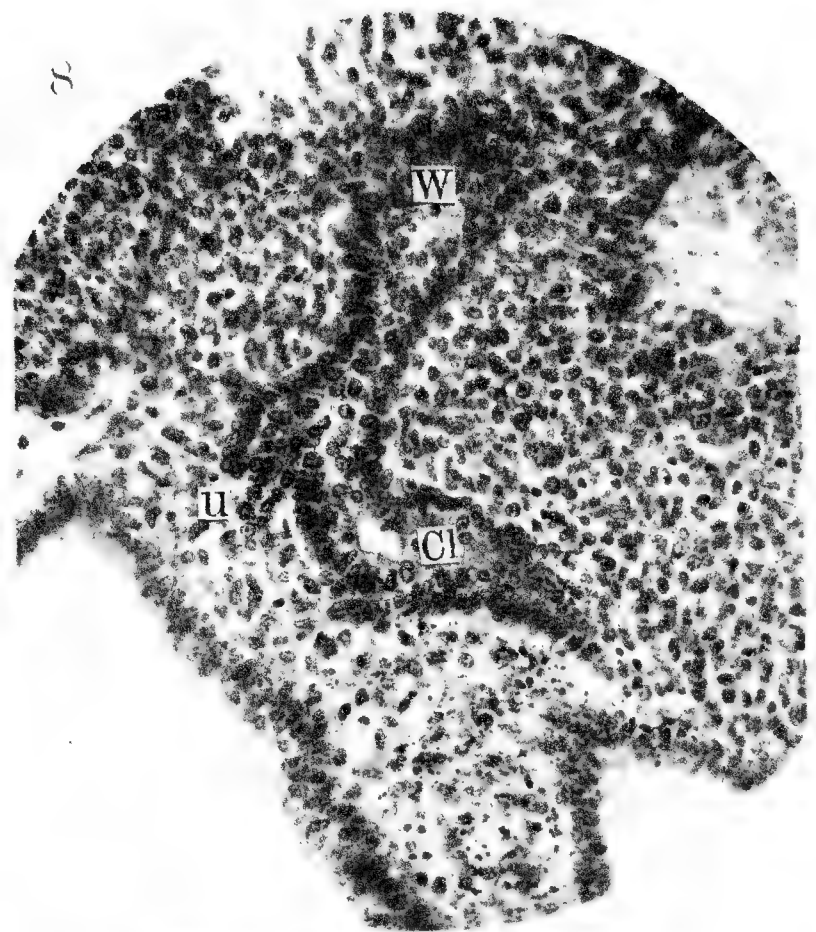
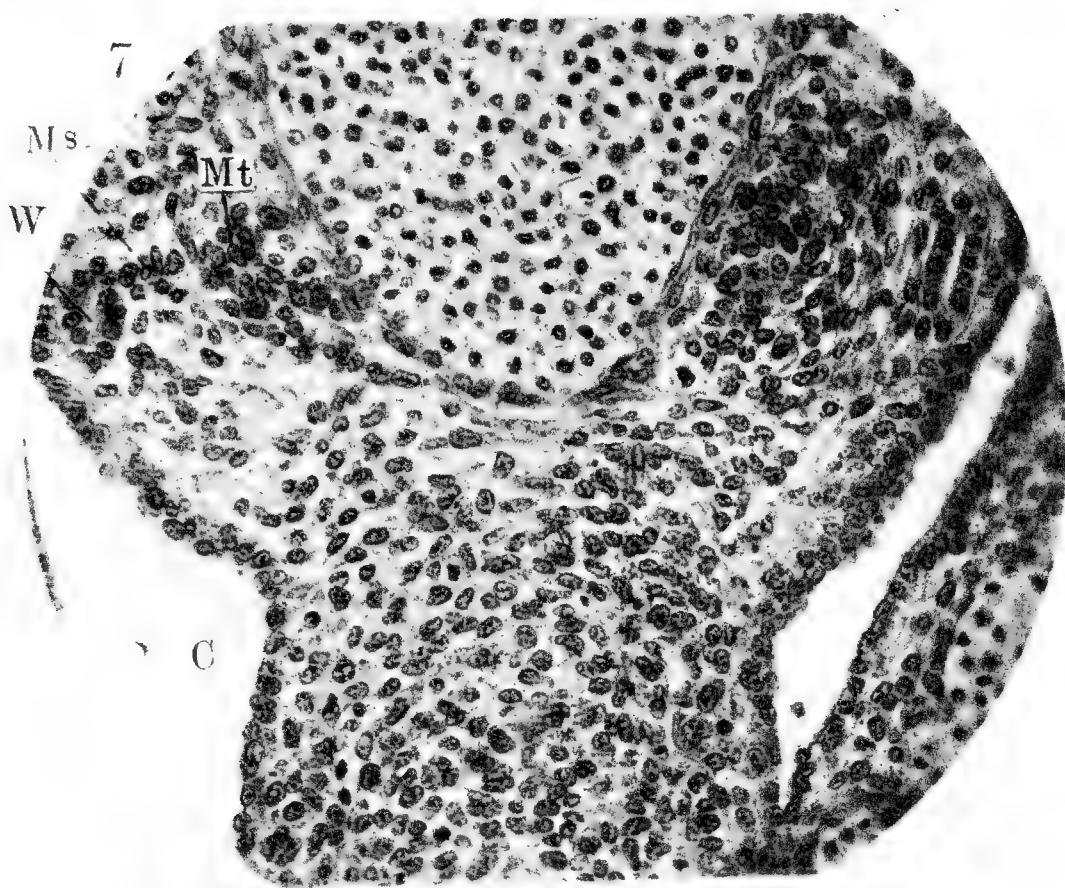
Fig. 10. Schnitt von einem Schweinsembryo, bei welchem die Ureteranlage schon weiter entwickelt ist. Die Zellansammlung um den Ureter zieht nicht nur gegen die Urnierenanlage hin, sondern auch in das Schwanzende des Embryo.

Fig. 11. Ist ein Schnitt von einem noch älteren Embryo als die Fig. 10. Die gleichmässige Zellanhäufung zieht nicht nur gegen die Mesonephrosanlage, sondern auch anderwärts in den Leib des Embryo.

Vergrößerung Fig. 1—8 mit Reicherts Oc. 4. Obj. 6.

» 9—11 » » » 4. » 4.





Influence de l'acide lactique sur la caséine.

Par

le Dr. O. Laxa.

Présenté le 20 octobre 1905.

On sait que les acides concentrés forment des sels avec la caséine; quant à l'influence des acides dilués, les avis sont divisés. Il se forment selon toute probabilité dans ce cas encore des sels labiles. Le but de mon travail était d'éclairer, comment la caséine, albuminoïde qui renferme 15 pour cent d'azote, 0,8 pour cent de phosphore (mais exempt d'autres éléments minéraux) et qui se précipite par les acides et les présures, se comporte à l'égard de l'acide lactique.

L'acidité du coagulum de lait obtenu à l'aide de l'acide lactique et lavé suffisamment par l'eau distillée, monte et baisse selon la concentration de l'acide employé. La caséine préparée par le procédé Hammarsten donne avec l'acide lactique dilué un liquide dans lequel (après filtration) les alcalis produisent un précipité blanc. Une partie de la caséine se combine à l'acide lactique, en formant un lactate insoluble car l'acidité de la solution filtrée diminue proportionnellement à la quantité de la caséine employée. En déterminant la quantité de l'acide retenue par la caséine on en trouve environ 1 *grs* sur 100 *gr* de caséine. Une autre partie de la caséine reste en solution sous forme d'un lactate soluble.

Ce dernier se forme aussi en dissolvant la caséine pure dans de l'acide lactique concentré. Lorsqu'on soumet cette solution à la dialyse afin d'éliminer l'excès de l'acide lactique, on obtient un liquide trouble qui se précipite par les alcalis, les acides sulfurique, chlorhydrique, nitrique par les sels neutres ainsi que par le petit-lait doux. La différence entre l'acidité de la caséine employée et celle en solution correspond à l'acide lactique sous forme de lactate et représente 1,46—1,93 *gr* sur 100 *gr* de caséine. On peut coaguler cette solution de lactate par la présure; la caséine a donc conservée ses caractères primordiaux. Les solutions de

lactates préparées en partant de la paracaséine se précipitent elles aussi par la présure. On peut en conclure que la paracaséine se transforme en caséine par l'action de l'acide.

Une solution de caséine et de paracaséine dans l'acide lactique se précipite par le sel marin. La matière ainsi obtenue est un lactate de caséine qui lavé suffisamment par une solution de sel marin, contient de l'acide lactique combiné.

Calculé sur la caséine employé on trouve 7,56 pour cent de l'acide lactique ce qui correspond à une basicité 2,98 *gr* exprimée en acide chlorhydrique.

En considérant que le lactate insoluble contient environ 1 pour cent d'acide lactique tandis que les lactates solubles en sont plus riches (1,46 à 7,56 pour cent) on voit que la nomenclature mono- et di-lactate de caséine (Slyke, Hart) n'est pas suffisamment fondée.

Dans leurs solutions saturées les lactates de caséine présentent l'aspect de l'empois d'amidon. Dans la substance sèche l'albuminoïde est dénaturée. La matière est insoluble dans l'eau, les alcalis et les acides dilués ne le dissolvent qu'après une ébullition prolongée. Le taux d'azote varie dans la matière sèche de 13,77 à 15,48 pour cent et celui de phosphore de 0,42 à 0,48 pour cent.

On peut expliquer la coagulation spontanée du lait par la formation de lactates de caséine et leur précipitation par les sels minéraux. L'acide produit par les ferments lactiques transforme les phosphates du lait en sels acides, mais en même temps il se combine à la caséine suspendu dans le lait. Il résulte un lactate insoluble et soluble. Dans le moment où la caséine se transforme en lactate soluble précipitable par les sels minéraux, le lait se coagule.

La grande plasticité de certains fromages à pâte sèche (cheddar, gruyère caccio cavallo) que l'on observe pendant le chauffage du caillé mûré ne trouve son explication ni dans la formation d'un lactate de caséine (Slyke, Hart), ni dans l'imprégnation de la caséine par l'acide lactique. (Lindet, Amman.) Mes recherches ont montré que c'est le lactate de chaux qui prête à la caséine chaude la propriété de se laisser étirer en fils. La maturation du caillé pendant la fabrication de certains fromages (caccio cavallo, provolone) a pour but de transformer par la fermentation lactique le phosphate de chaux de la paracaséine en sel acide et le lactate de chaux. Ce dernier impregne la caséine en lui prêtant une grande plasticité. La paracaséine suspendu dans une solution de lactate de chaux n'acquiert pas cette propriété. Il en résulte que la paracaséine est une combinaison de la caséine avec les phosphates de chaux qui rendent impossible l'action du lactate sur la composante albuminoïde.

Circulation du sang dans les capsules surrénales des Vertébrés.

Par

MUDr. O. V. Srdínko,
docent de l'université tchèque à Prague.

(Avec 5 planches.)

Présenté le 14 Octobre 1905.

C'est *Julius Arnold*, qui, le premier, a fait une étude approfondie sur la circulation du sang dans le corps surrénal. Ce travail, publié en 1866 dans les *Archives de Virchow*, traite de la substance corticale et médullaire de la capsule surrénale. Les figures et descriptions contenues dans cette publication se rapportent au corps surrénal des boeufs, dans lequel ce savant a fait des injections; de plus, au corps surrénal des porcs, des chiens et de l'homme. Les injections exécutées dans le corps surrénal de l'homme ne sont ni décrites ni figurées.

Depuis la publication de ce travail jusqu' en 1900, il n'a paru aucune étude importante sur la circulation du sang dans le corps surrénal. Mais, en 1900, le savant américain, *J. Marshall Flint*, a publié un travail détaillé et précieux, dans lequel il traite particulièrement du reticulum et des vaisseaux de la capsule surrénale. L'auteur y traite surtout de l'état des vaisseaux du corps surrénal du chien, dont il a exécuté des coupes après injection. Ce travail instructif, publié dans un journal malheureusement peu accessible aux lecteurs, n'est mentionné dans aucun des traités d'anatomie et d'histologie qui ont paru dans le courant des quatre dernières années, et dans lesquels la description des vaisseaux du corps surrénal est fort restreinte. Le travail de *Flint* ne contient ni description ni dessins du corps surrénal de l'homme.

Nos recherches sur la structure histologique et le développement du corps surrénal chez différentes classes des vertébrés nous ont amené à reconnaître la nécessité de consacrer plus d'attention aux relations qui existent entre cet organe et les vaisseaux. Possédant, surtout en ce qui

concerne le corps surrénal de l'homme, de nombreux matériaux frais, et, par conséquent, favorables à nos études, nous nous sommes occupé de cette question, et nous avons publié nos observations dans quatre articles sur la circulation du sang dans le corps surrénal des poissons, des amphibiens, des reptiles, des oiseaux, des mammifères et de l'homme.

La présente communication est un extrait succinct de ces quatre articles.

Nos études sur les vaisseaux portent sur des matériaux injectés et non injectés. Pour les injections, nous avons employé une matière gélatineuse rouge et bleue, qui nous a été fournie toute préparée par la maison *Dr. G. Grübler* et C^{ie} de Leipzig.

Chez les animaux de petite taille, nous avons fait l'injection à partir de l'aorte, c' e.-à-d. de la veine cave. Pour les individus de taille plus grande et pour le corps surrénal de l'homme, nous avons injecté isolément quelques-unes des branches artérielles et veineuses qui conduisent au corps surrénal et dans le voisinage de ce corps.

Les coupes injectées ont été exécutées sur le corps surrénal du chien, de chats jeunes et adultes, de cobayes, de souris, de grenouilles, ainsi que de l'homme.

Il convient de faire observer que l'injection des vaisseaux du corps surrénal est une opération très difficile, ainsi que l'a déjà reconnu *Arnold*. Nous nous sommes persuadé, dans le cours de nos recherches histologiques sur le corps surrénal de 24 sujets humains, que l'hyperaemie, soit active, soit passive, fournit de meilleurs renseignements sur la ramification des vaisseaux ténus qu'une injection imparfaite au moyen de la matière à injecter.

Dans l'injection à la gélatine, au contraire, l'injection faite à partir de la veine suprarénale réussit mieux que l'injection de l'artère.

Poissons.

Chez les *Lophobranches*, la substance corticale de la capsule corticale des mammifères est représentée par les corpuscules de *Stannius*. Dans les *Archiv für mikr. Anatomie und Entwicklungsgeschichte*, nous avons publié, comme résultat de nos travaux au laboratoire du Prof. *Oskar Hertwig* — Université de Berlin —, une étude sur la structure et le développement de ces petits organes.

Les artères, répandues dans le voisinage de la périphérie, pénètrent entre le parenchyme par leurs ramifications, après quoi le sang est rassemblé dans ces vaisseaux ou cavités qui se perçoivent dans le second type (pl. I. fig. 2). La matière sécrétée des cellules du parenchyme passe dans ces cavités, se mélange avec le sang et entre en circulation.

Il n'existe pas d'éléments médullaires dans ces représentants du corps surrénal des Lophobranches, et c'est à cause de cela que la circulation du sang dans les corpuscules de *Stannius* répond seulement à la circulation dans la partie corticale de la capsule surrénale des mammifères. Les fig. 1—2, Pl. I, montrent, en partie, la place occupée par les vaisseaux dans les corpuscules de *Stannius*, chez le Saumon.

La conclusion que nous tirons de cette étude histologique est que les corpuscules de *Stannius*, chez les Téléostes, doivent être considérés comme des glandes dépourvues d'issue, et cela, dès les stades les plus jeunes. Il nous a été impossible de vérifier l'exactitude de l'indication de *Huot*, d'après laquelle les corpuscules de *Stannius* se développeraient en forme d'échancrures (canaux de *Wolf*) chez les *Lophobranches*, et nous n'avons pu trouver la communication entre ces deux formations.

Amphibies.

Au sujet des vaisseaux sanguins de la capsule surrénale, *Gaupp*, dans son Anatomie de la grenouille, se contente de mentionner que le sang passe par les artères rénales et sort par les veines rénales revehentes. Dans l'ensemble des vaisseaux, ceux dont la fonction est d'évacuer la matière secrétée de la capsule surrénale sont les plus importants. *P. Manasse* décrit le plus sûrement la veine, comme étant, chez les mammifères, la voie par laquelle passent les matières sécrétées. D'après les renseignements que nous ont fournis nos coupes, nous partageons entièrement les opinions de *Manasse*, même en ce qui concerne la grenouille. Les cavités dont nous avons autrefois donné la description détaillée, communiquent toutes entre elles, et même avec des cavités centrales plus grandes, quel que soit l'endroit où elles se trouvent. Ces cavités centrales sont déjà, pour ainsi dire, des branches qui émanent de la veine rénale revehens.

Le fig. 4, sur la Pl. I de ce travail, représente une coupe transverse du corps surrénal et, partiellement, du rein d'une grenouille adulte. On y observe la communication de toutes les cavités entre les faisceaux du corps surrénal et entre les canalicules du rein, comme aussi le point où la veine débouche dans la veine cave. Le corps surrénal des *Anoures* outre le sang veineux qu'il reçoit du rein, ou, pour mieux dire, de la vena portae renis, reçoit encore le sang artériel. Sur la coupe transverse, on trouve toujours des troncs artériels plus forts, qui se ramifient pour former les capillaires, dont le sang se déverse dans les cavités.

Dans la capsule surrénale des grenouilles, la circulation du sang s'effectue de la manière suivante: Le sang veineux, venant de la veine portae renis, pénètre dans le corps surrénal, dont il parcourt les cavités, après quoi, il s'écoule par les veines renal. revehentes. En outre, le sang artériel, fourni par les branches des artères rénales, court entre le

parenchyme, et, après un court trajet par les capillaires, arrive directement dans les cavités sanguines du corps surrénal, d'où il s'écoule par les *venae ren. revehentes*.

Il convient de donner ici quelques explications sur le caractère de ces cavités sanguines du corps surrénal des *Anures*, et, en même temps des voies que le sang parcourt dans le rein.

En 1900, *Ch. S. Minot* publia un travail intitulé: »On a hitherto unrecognized form of blood circulation without capillaries in the organs of Vertebrata.« L'auteur donne le nom de *sinusoïde* à la forme qu'affectent ces sortes de voies sanguines.

Suivant *Minot*, il peut exister une double communication entre les extrémités des petites artères et des veines. Le premier type de communication est représenté par les véritables capillaires; le second, par une forme spéciale de vaisseaux, pour lesquels *Minot* propose le nom de *sinusoïdes*. Le *sinusoïde* est relativement très large en comparaison des capillaires, et son épithélium s'appuie directement sur les cellules d'organes où les *sinusoïdes* sont développés. Le *sinusoïde* typique ne possède pas, ou du moins très peu de tissu conjonctif, entre sa paroi et le parenchyme des organes, et, s'il en existe, ce n'est qu'une acquisition secondaire. On sait que le développement des *sinusoïdes* dans l'embryon diffère, en principe, de celui des véritables *sinusoïdes*.

La circulation *sinusoïdale* semble moins compliquée et physiologiquement inférieure à la circulation capillaire. Dans le pronephrose, il existe de véritables *sinusoïdes*; dans le rein, de véritables capillaires; dans le foie, les *sinusoïdes* se métamorphosent en vaisseaux capillariformes; dans le coeur, quand les artères *coronariae* sont développées, la circulation *sinusoïdale* est complétée par les capillaires.

D'après *Minot*, la circulation du sang dans la capsule surrénale à l'état embryonnaire est exclusivement *sinusoïdale*. L'endothélium des *sinusoïdes* larges repose directement sur les cellules du parenchyme. Ce n'est que plus tard que le tissu conjonctif pénètre dans l'intérieur de l'organe.

La circulation *sinusoïdale* n'est pas limitée à la substance corticale du corps surrénal, elle existe aussi dans la substance médullaire, comme *Minot* le démontre dans la coupe du corps surrénal du rat. Depuis la publication du travail de *Minot*, deux opinions ont été émises sur les *sinusoïdes*: l'une, par *Levis*, qui est du même avis que *Minot*; l'autre, par *Ebner*, qui est contre. En dehors de ces opinions, il convient d'ajouter une communication succincte d'*Atkinson* sur le développement de la circulation dans la capsule surrénale du lapin. Ce savant se range de l'avis de *Minot*.

Si l'on examine attentivement, à l'aide du microscope, les coupes de la capsule surrénale et du rein des *Anures*, on est de plus en plus convaincu que les vaisseaux fins qui se trouvent entre les canalicules du rein et les trabécules de la capsule surrénale, ne sont pas des capillaires

communs, tels qu'on a coutume de les observer dans d'autres organes, mais que l'on est en présence de vaisseaux d'une espèce spéciale. Ils sont caractérisés par une largeur inaccoutumée chez les capillaires; leurs contours, ainsi que leur parcours présentent de grandes irrégularités; ils communiquent entre eux d'une façon irrégulière, en s'appuyant solidement par leurs parois sur les canalicules du rein et les trabécules de la capsule surrénale.

Les coupes prises au travers du rein embryonnaire de la grenouille montrent, entre les canalicules du mésonephrose, de larges cavités irrégulières, qui communiquent entre elles et débouchent dans la veine cave. La paroi de ces cavités s'appuie sur les cellules des canalicules et sur celles de la capsule surrénale, et on peut y reconnaître çà et là des noyaux de cellules de l'endothélium; ces noyaux reposent sur la périphérie des canalicules et des trabécules. Le tissu conjonctif entre les cellules des canalicules et des trabécules d'un côté, et la paroi des cavités de l'autre côté ne s'observe que très rarement dans ce stade. Mais on peut aussi observer, sur la coupe du rein et de la capsule surrénale de la grenouille adulte, de nombreuses cavités larges, irrégulières, tapissées d'endothélium, qui, comme nous l'avons vu plus haut, communiquent entre elles. Toutes ces cavités, surtout celles de la capsule surrénale, sont revêtues d'endothélium sans intercalation de tissu conjonctif; cependant, elles portent quelquefois de légères traces de ce tissu.

Non seulement sur l'embryon de la grenouille, mais encore sur l'animal adulte, on voit, dans le rein et la capsule surrénale, les voies sanguines qui répondent à l'idée des sinusoides.

La fig. 5 pl. I. représente le grossissement d'une extrémité de trabécule, prise dans le corps surrénal de la grenouille. Cette extrémité saille librement dans une grande cavité sanguine. Le bord de cette trabécule est entièrement dépourvu de tissu. Des nucléus de cellules endothéliales s'appuient sur les cellules de la capsule surrénale, et forment saillie dans l'intérieur des cavités.

Les faits que nous venons de citer nous permettent de penser qu'il existe, chez les *Anures*, une forme spéciale de vaisseaux sanguins d'une grande finesse, qui diffèrent des capillaires sanguins, et que *Minot* désigne par le nom de sinusoides.

Reptiles.

La structure histologique et la place occupée par les substances corticale et médullaire, chez les reptiles, contrastent un peu chez les serpents et les lézards d'une part, et chez les tortues d'autre part.

D'après *H. Poll*, les contrastes de la structure consistent en ce que, chez les serpents et les lézards, la substance médullaire est située dorsale-

ment par rapport aux éléments corticaux, et qu'un très petit nombre de groupes de cellules faeochromes se trouvent dans la masse des cellules suprarénales, qui est située du côté ventral, tandis que, chez la tortue le crocodile, les deux tissus se mêlent ensemble, de sorte que cette forme se rapproche légèrement de celle que nous rencontrons chez les oiseaux.

La capsule surrénale de la tortue grecque est représentée en partie sur la coupe figurée Pl. I, fig. 6. Quelques lobes limités par le tissu conjonctif se voient sur la coupe transverse. Il est remarquable que les éléments médullaires se trouvent disposés par groupes, pour la plupart sur la périphérie des lobes, où sont justement situés les vaisseaux et les veines principales. L'intérieur des lobes renferme très rarement des groupes de cellules médullaires. Sous ce rapport, la capsule surrénale de la tortue grecque diffère donc de celle de *Emys europaea*. En ce qui concerne les autres particularités, notre figure s'accorde entièrement avec celle de *Poll*.

Des troncs artériels, forts, sont renfermés dans le tissu conjonctif, entre les lobes du corps surrénal et dans la gaine, sur le côté libre de ce corps; de l'autre côté, la capsule surrénale s'appuie sur le rein. Ces artères sont des branches d'artères rénales.

Les veines accompagnent ordinairement les artères, et recueillent le sang provenant des cavités. Celles-ci possèdent une forme irrégulière; leur diamètre est inégal; leurs parois sont très minces; mais, en beaucoup d'endroits, leur endothélium repose directement sur les cellules du parenchyme. Nous trouvons de même, dans le rein de cette tortue, des cavités sanguines à erythrocytes nombreux.

Oiseaux.

Notre communication sur la circulation du sang dans la capsule surrénale des oiseaux est basée sur les coupes que nous avons exécutées au travers de la capsule surrénale du pigeon (*Columba livia*). La fig. 7, Pl. I, représente une partie de la coupe transversale.

La capsule surrénale s'appuie sur une grande veine, dans laquelle débouchent les cavités sanguines qui sont situées entre les trabécules, fig. 7, Pl. I. Entre les trabécules des cellules se trouvent des sections d'artères, qui ne sont autres que des branches d'artères rénales. Le sang se rassemble ensuite dans les cavités irrégulières, de grandeur différente, et qui ne possèdent, pour la plupart, aucune paroi particulière, de sorte que leur endothélium repose sur les cellules du parenchyme.

La capsule surrénale du coq domestique offre une structure semblable, autant qu'on peut le constater sur le dessin de *Poll*, et les cavités, aux quelles ce savant donne le nom de vaisseaux, sont dépourvues du tissu conjonctif, que l'on rencontre habituellement chez les vaisseaux.

Nous trouvons donc, dans la capsule surrénale des oiseaux, des cavités sanguines qui ressemblent à celles décrites chez les amphibiens et les reptiles, et qui représentent une forme transitoire entre les capillaires et les veines véritables.

Mammifères.

Le sang artériel, qui entre dans la capsule surrénale des mammifères, peut, selon l'opinion d'*Arnold*, s'y rendre par trois voies :

1. Il traverse les noeuds (ganglions) de la zone glomérulaire, les tubes de la zone fasciculaire et le réseau de la zone réticulaire. Il se rend ensuite dans les racines veineuses et dans les cavités sinueuses de la partie périphérique de la substance médullaire, et, de là, par de petits troncs veineux, dans la veine centrale.

2. Le sang ne circule que dans les noeuds de la zone glomérulaire dans les tubes et le réseau de la zone fasciculaire ; il retourne, par les veines, à la surface de la capsule surrénale, et, de là, par des troncs plus petits, dans les veines diaphragmatiques, rénales, et autres.

3. Le sang artériel, passant par des troncs artériels plus forts qui pénètrent la substance corticale, se rend directement dans la partie centrale de la substance médullaire, y parcourt le réseau capillaire, et, par les petites branches veineuses, se répand dans la veine centrale.

Dans un ouvrage étendu, orné de nombreuses figures, *M. Flint* décrit la structure de la capsule surrénale, et, en particulier, il s'attache à montrer la manière dont le tissu fibreux participe à la structure de cette glande, ainsi que la distribution des vaisseaux sanguins dans la capsule surrénale. Ce travail de *Flint* repose surtout sur les observations qu'il a faites sur la capsule surrénale du chien.

Il est aussi fait mention de la circulation du sang dans le corps surrénal des mammifères, ainsi que des voies d'écoulement de la matière sécrétée par le corps surrénal, dans l'ouvrage de *Kölliker*, où *Ebner* fait une description des vaisseaux, dans les travaux de *P. Manasse*, de *Gottschan*, de *Hultgren*, de *Anderson*, de *Carlier*, et dans les traités de *Gegenbauer*, de *Quain* et de *Janošik*.

Chien.

La fig. 1. dans le texte, représente la capsule surrénale gauche du chien et ses artères. Le réseau le plus compliqué des artères de la substance corticale est formé par les artères de

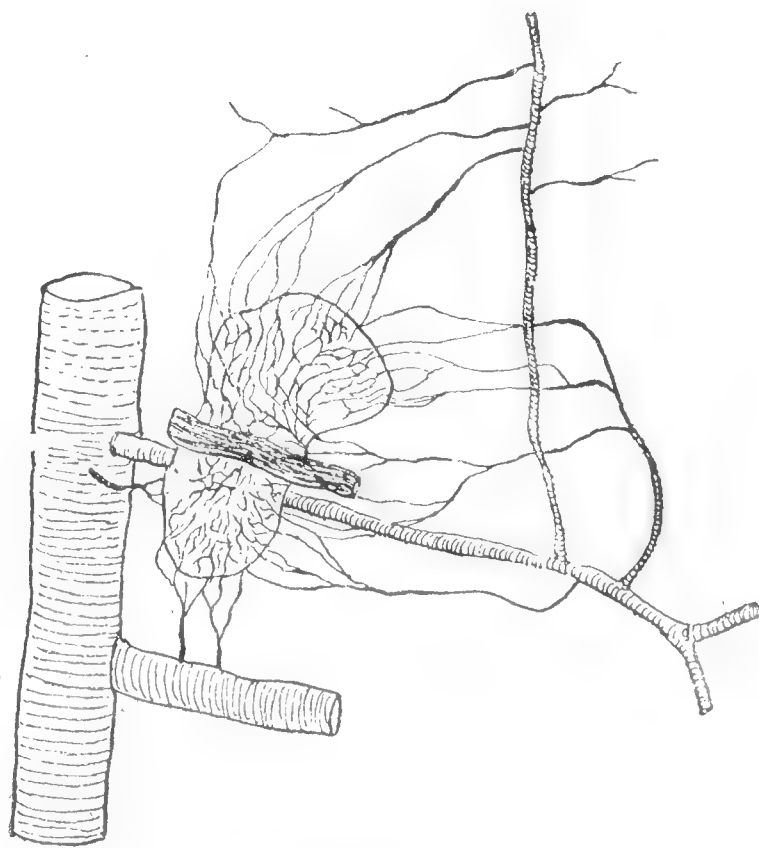


Fig. 1.

la zone glomérulaire. En sortant de ce réseau, le sang se rend dans les vaisseaux de la zone fasciculaire, qui courent parallèlement et communiquent entre eux. De cette zone le sang passe dans le plexus de la zone réticulaire. La vue de ces trois couches est très bien représentée sur la fig. 2, Pl. II, où se trouve aussi figurée la moitié de la coupe du corps surrénal du chien, avec les vaisseaux injectés à partir de la veine supra-rénale.

La structure la plus compliquée est située sur la limite qui sépare la substance corticale de la substance médullaire, ainsi qu'on le voit sur la fig. 2, Pl. II, et surtout sur la fig. 3, Pl. II. Cette dernière montre le passage des vaisseaux de la zone fasciculaire dans la zone réticulaire et de celle-ci dans la partie périphérique de la substance médullaire. Les larges capillaires de la zone fasciculaire, qui se dirigent parallèlement vers le centre de l'organe, et s'anastomosent au moyen de petits vaisseaux transverses ou obliques, passent dans le réseau capillaire de la zone réticulaire. Les capillaires de cette zone présentent la même largeur que ceux de la zone fasciculaire; mais leur réseau est si épais, que, dans beaucoup d'endroits, on n'observe entre eux que très peu de parenchyme. C'est avec ce réseau de la zone réticulaire que communique le plexus veineux des couches périphériques de la substance médullaire. Ce plexus est formé par des canaux sanguins, larges et à parois minces, qui sont ordinairement situés parallèlement à la surface de la capsule surrénale, et communiquent fréquemment entre eux. Il est réuni par des troncs veineux plus petits aux rameaux du tronc central veineux. On y rencontre, entre les substances corticale et médullaire, outre de larges canaux sanguins, des cavités sinueuses, irrégulières, qui sont elles-mêmes reliées à ces canaux.

La découverte de ces cavités sinueuses complète le travail de *Flint*. Comme nous le verrons chez d'autres mammifères, elles sont un signe caractéristique de la substance médullaire du corps surrénal; mais leur nombre et leur étendue sont loin d'être constants chez tous les mammifères; elles sont justement le moins caractéristiques chez le chien, sur lequel *Flint* a fait le plus d'injections.

La paroi des voies sanguines, à partir de la zone glomérulaire jusqu'au plexus veineux de la substance médullaire, répond à la paroi des capillaires, pour lesquels ces voies étaient tenues jusqu'à ce jour. Mais les caractères principaux de ces voies concordent avec la conception des sinusoïdes de *Minot*, dont la structure se rapprochait de celle des capillaires, et on peut espérer que leur origine sinusoïdale, que leur attribuent *Minot*, *Atkinson* et *Lewis*, sera confirmée.

La description de la place particulière occupée par les voies sanguines, dans la capsule surrénale, est une nouvelle contribution aux recherches de *Flint*.

La fig. 4, Pl. III, représente une partie de la coupe de la capsule surrénale du chien. Cette coupe renferme justement l'artère plus forte de

la substance médullaire, qui, de la surface du corps surrénal, s'enfonce presque perpendiculairement, en perçant la substance corticale et en pénétrant directement dans la substance médullaire. Sa paroi est munie d'un tissu conjonctif, et on peut constater qu'elle n'émet pas de rameaux dans la substance corticale. Dans le centre de la substance médullaire, nous voyons s'approcher de cette artère un rameau plus petit, émanant directement de la capsule, et n'ayant d'autre fonction que de la renforcer. Le contraste entre ces sortes d'artères que nous nommerons *arteriae perforantes* et ces vaisseaux capillaires qui s'étendent entre les tubes de la substance corticale, est parfaitement reconnaissable sur le figure. Les artères perforantes se ramifient dans la substance médullaire pour former le réseau capillaire; de là, le sang se rend dans les petites veines, et débouche dans les rameaux veineux centraux. Le trajet du sang, qui s'effectue à partir des artères de la surface à travers les artères perforantes et le réseau capillaire, pour se rendre dans la veine centrale, est beaucoup plus court que celui du sang des artères de la surface, qui passe dans la veine centrale, après avoir traversé les capillaires des zones glomérulaire, fasciculaire, réticulaire, le plexus veineux des parties périphériques de la substance médullaire, et finalement les petites veines.

La veine centrale possède, comme on l'a démontré, deux sortes de racines; les unes rassemblent le sang qui provient des capillaires de la substance corticale; les autres, le sang provenant des artères perforantes. Dans le cours des premières sont intercalées les cavités sinusoïdales, qui ne sont pas aussi étendues chez le chien que chez d'autres mammifères.

Chat.

La circulation du sang dans la capsule surrénale du chat s'effectue de la même manière que chez le chien, ainsi que l'ont démontré les recherches macroscopiques et microscopiques.

La fig. 1, Pl. II, représente une injection faite à partir de la veine dans la capsule surrénale d'un jeune individu.

La différence entre la capsule surrénale du chat adulte et du chien et celle du jeune chat consiste en ce que, dans le parcours des vaisseaux de la substance médullaire du jeune chat, il existe plus de cavités sinusoïdales.

Lapin.

La circulation du sang dans le corps surrénal du lapin ne diffère pas de celle que nous trouvons chez le chien.

Souris.

Les matériaux injectés ne montrent aucun contraste important entre la circulation du sang dans le corps surrénal de ce mammifère et celle des animaux que nous signalons ci-dessus.

Écureuil.

Tandis que dans les mammifères énumérés ci-dessus, nous voyons le parenchyme prédominer dans la substance médullaire, nous trouvons, chez l'écureuil, et davantage chez le cobaye et le porc, plus de vaisseaux et de cavités sanguins, de sorte que le parenchyme apparaît sous la forme de cordons qui entourent les vaisseaux et les cavités.

La fig. 5, Pl. III, représente une partie de la coupe de la substance médullaire avec la zone réticulaire de l'écureuil.

Cobaye.

La fig. 6, Pl. III, représente une partie de la capsule surrénale du cobaye; elle montre la substance médullaire et la zone réticulaire. Les cavités sanguines de cette substance sont ici très larges et irrégulières.

Porc.

La fig. 7, Pl. III, représente une partie de la coupe de la capsule surrénale d'un porc âgé d'un an. On y remarque aussi une partie de la substance médullaire et de la zone réticulaire.

De même que chez le cobaye, on voit, dans la substance médullaire, de grandes cavités sanguines, aux contours irréguliers, qui, d'un côté, communiquent avec les voies sanguines de la zone réticulaire, et, de l'autre côté, déversent leur sang dans la veine suprarénale. Les parois de ces cavités sont très minces; elles se composent de tissu conjonctif revêtu d'endothélium. Mais en quelques endroits, il n'existe pas même de tissu dans ces parois, de sorte que l'endothélium repose directement sur les faisceaux des cellules du parenchyme.

Homme.

La fig. 2 dans le texte représente distinctement la double voie que suit le sang pour se rendre des artères périphériques dans la veine centrale (vena suprarenalis) chez l'homme.

La première voie part de l'artère de la capsule, passe à travers les voies capillaires des zones glomérulaire, fasciculaire, réticulaire, et le plexus

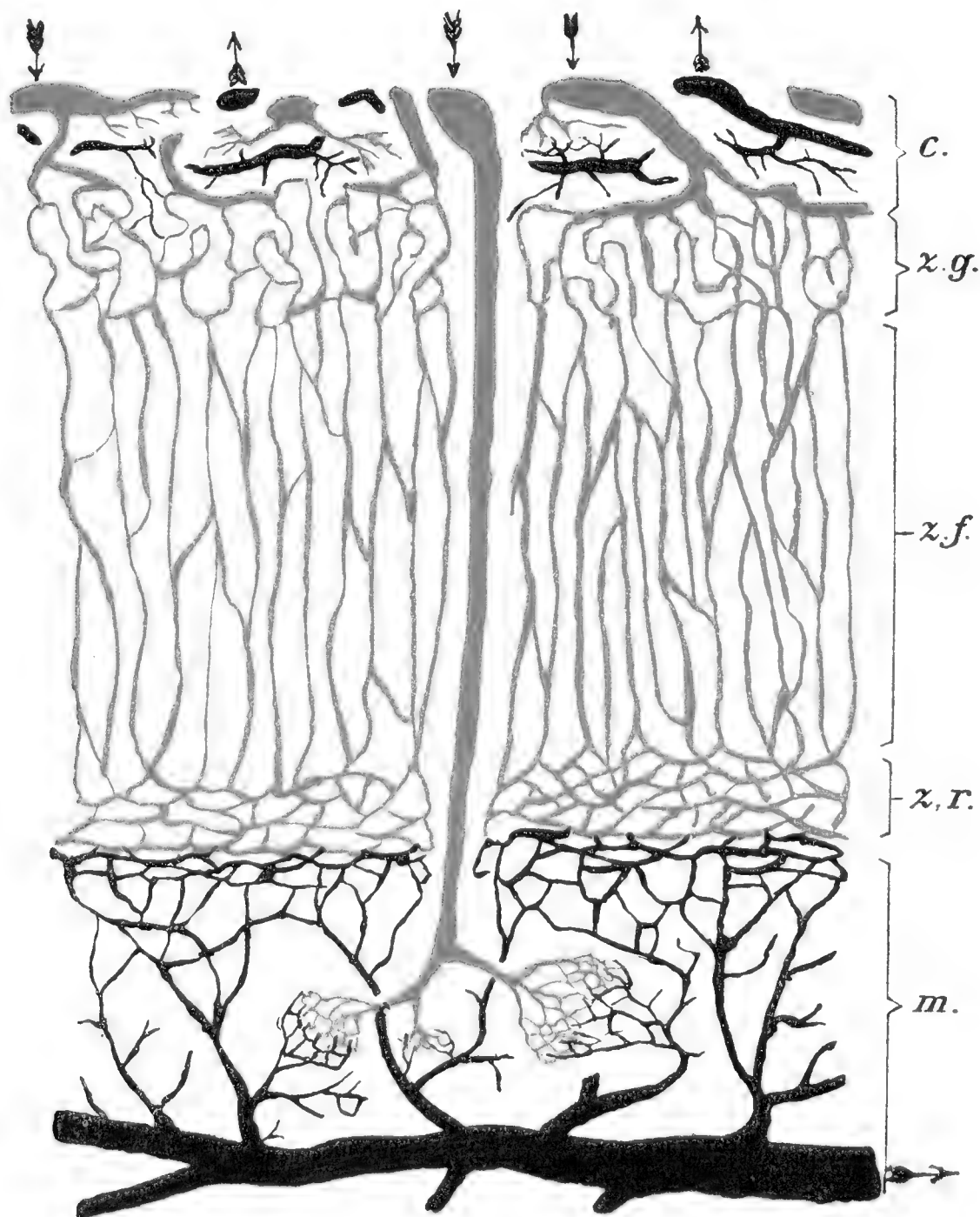


Fig. 2.

veineux, qui succède à la zone réticulaire; elle se rend dans des branches veineuses plus petites qui se réunissent plus loin et qui débouchent dans la veine centrale. Cette voie présente deux modifications, dont l'une est représentée sur le côté droit de la fig. sur Pl. IV, où la section traverse tout le corps surrénal. En examinant cette coupe à partir du haut, on voit qu'à la zone réticulaire succède la substance médullaire, de sorte que le sang, après avoir quitté la zone réticulaire, arrive directement dans le plexus veineux de la périphérie de la substance médullaire. Ce plexus veineux ne diffère nullement des voies sanguines de la zone réticulaire. Du reste, il est difficile de dire où commence la partie veineuse de cette circulation, si c'est dans la zone réticulaire, ou bien seulement dans la substance médullaire. L'autre modification, représentée en bas du dessin

sur la coupe horizontale, se distingue de la première, en ce que le sang, dont les voies sont identiques avec celles de la première modification dans la substance corticale, n'entre pas dans la substance médullaire à sa sortie de la zone réticulaire, parce que, dans cette partie de la capsule surrénale, la substance médullaire fait défaut, mais il entre dans le plexus veineux qui passe dans les branches veineuses et, par celles-ci, débouche dans les veines plus grandes. Ce plexus et ces branches veineuses sont situés sur les limites de deux zones réticulaires appartenant à la substance corticale des faces antérieure et postérieure du corps surrénal. Ce plexus est caractéristique, parce qu'il renferme des cavités semblables à des sinus, comme le montre la figure. Ces cavités sinusoïdales sont bien plus petites que celles que nous trouvons chez quelques mammifères (p. ex. le porc); mais on peut pourtant les y observer.

La deuxième voie sanguine, qui s'étend à partir de la surface de la capsule surrénale jusqu'à la veine suprarénale, passe par les artères perforantes, qui percent, dans le sens perpendiculaire, la capsule et la substance corticale, en se dirigeant vers la substance médullaire, dans le réseau réticulaire de laquelle elles se ramifient, et d'où le sang va se rassembler dans les veines qui aboutissent aux branches de la veine suprarénale. La figure montre trois artères semblables de la face antérieure, ainsi que la ramification d'un autre qui a passé de la face postérieure dans la substance médullaire de la capsule surrénale.

Les deux voies que nous venons d'étudier, ainsi que les modifications de la première, représentent ensemble une seule direction dans le cours du sang, savoir: à partir des artères de la surface vers la veine centrale.

Il existe encore un autre cours suivi par le sang; on peut le désigner par le mot *revertens*. Une partie du sang, amené de tous côtés par les artères vers la capsule, retourne de celle-ci vers les points d'où il était venu, ne parcourant ainsi que la capsule et peut-être les parties périphériques de la substance corticale.

La fig. 8 dans le texte représente un schéma des voies suivies par le sang dans la capsule surrénale des mammifères. Les deux voies du cours direct et celle du cours *revertens* sont bien faciles à comprendre sur cette figure. Les artères sont teintées en rouge, les veines en noir.

Capsules surrénales secondaires.

Le nombre des capsules surrénales secondaires est quelquefois considérable chez certains exemplaires. Sur la fig. 5, Pl. V, on peut en compter jusqu'à 13 sur une seule coupe.

La circulation du sang, dans la capsule secondaire possédant les trois zones de la substance corticale, concorde avec la circulation du sang dans l'organe principal.

Nous avons représenté sur la Pl. V, fig. 6, l'injection des voies sanguines dans une capsule secondaire, nous croyons qu'il est superflu d'en faire une description détaillée.

Histologie des parois des vaisseaux.

La fig. 1, Pl. V, représente une partie de la zone fasciculaire de la capsule surrénale de l'homme (coupe longitudinale). Par suite des préparations techniques, la paroi mince des vaisseaux s'écarte des cellules en quelques endroits. La figure montre encore la largeur des voies, la communication réciproque occasionnée par les canalicules transverses et obliques.

La fig. 2, Pl. V, représente aussi une partie de la zone fasciculaire de l'homme, injectée et coupée transversalement.

La fig. 3, Pl. V, montre une partie de la zone fasciculaire à son passage dans la zone réticulaire, et le passage de celle-ci dans la substance médullaire.

La fig. 4, Pl. V, représente un endroit de la substance médullaire de la capsule surrénale de l'homme. Cet endroit contient beaucoup de tissu fibrillaire. Ce tissu a pénétré en cet endroit avec le nerf; il renferme les véritables cellules ganglionnaires, qui forment un groupe nettement visible, mais qui ne se rencontre pas dans toutes les capsules surrénales.

Les cavités sinusoïdales de la substance médullaire possèdent une structure semblable à celle des vaisseaux capillariformes de la substance corticale. À mesure que l'on avance vers la veine centrale, la paroi des voies sanguines reçoit de plus en plus de tissu et de musculature.

* * *

Nous avons, autre part, appelé l'attention sur le rapport qui existe entre la circulation du sang dans la capsule surrénale et quelques affections pathologiques de cette glande. Ne voulant pas nous répéter, nous rappellerons ici seulement deux particularités, importantes sous ce rapport.

La première consiste dans le grand nombre et la largeur considérable des vaisseaux et des cavités sinusoïdales dans la capsule surrénale de l'homme. Ce fait a pour conséquence que le cours du sang est plus lent dans la capsule surrénale que dans d'autres organes.

La deuxième particularité réside dans la minceur des parois, ce qui a également son importance quand augmente la pression du sang.

Cette minceur des parois et le ralentissement de la circulation du sang sont des moments prédisposants, pour quelques perturbations dans la circulation; d'un autre côté, ils rendent possible la localisation du bacille tuberculeux chez la maladie d'*Adison*.

BIBLIOGRAPHIE.

- Arnold J.: Ein Beitrag zu der feineren Struktur und Chemismus der Nebennieren. Archiv für path. Anat. und Physiologie. Bd. XXXV. 1886.
- Atkinson R. T.: The early developement of the circulation in the suprarenal. Anat. Anzeiger. Bd. 19. 1901.
- Carlier E.: Note of the strukture of the suprarenal body. Anat. Anz. 1893.
- Ebner von: A. Koellikers Handbuch der Gewebelehre des Menschen. III. B. II. H. pag. 664.
- Flint J. M.: The blood vessels, Angiogenesis, Organogenesis, Reticulum and Histology of the Adrenal. Volum IX. of the Johns Hopkins Hospital Reports, pag. 153—230. 1900.
- Gaupp E.: A. Ecker's und R. Wiedersheim's: Anatomie des Frosches. II. Abt. pag. 418. 1899. III. Abt. pag. 259. 1904.
- Gegenbauer E.: Lehrbuch der Anatomie des Menschen.
- Giacomini E.: Sulla esistenza della sostanza midollare nelle capsule surrenali dei Teleostei. Monit. zoologico ital. Anno XIII. No. 7. 1902.
- Sopra la fine struttura delle capsule surrenali degli amfibii e sopra i nidi cellulari del simpatico di questi vertebrati. Gabinetto di zoologia ed anatomia comparata della libera universita di Perugia. Siena. 1902.
- Gottschan M.: Ueber die Nebennieren der Säugetiere speziell über die des Menschen. Stzb. d. phys. med. Ges. zu Würzburg. 1882.
- Hultgren E. O., Anderson O.: Studien über die Physiologie und Anatomie der Nebennieren. Skandinav. Arch. f. Physiol. 1899.
- Huot M. E.: Sur les capsules surrénales, les reins etc. des poissons lophobranches. Com. R. Acad. Sc. Paris T. 124. 1897.
- Préliminaire sur l'origine de capsules surrénales des poissons lophobranches. Ibid. T. 126. 1898.
- Janošík J.: Anatomie člověka. D. V., VII. (Anatomie des Menschen).
- Lewis F. T.: The Question of Sinusoids. Anat. Anz. XXV. B. 1901.
- Manase P.: Ueber die Beziehungen der Nebennieren zu den Venen und dem venösen Kreislauf. Virchows Archiv Bd. 135. 1894.
- Minot Ch. S.: On a hitherto unrecognized form of blood circulation without capillaries in the organs of Vertebrata. Proceedings of the Boston Society of Natural History. Vol. 29. No. 10. 1900.
- Poll H.: Die Anlage der Zwischenniere bei der europäischen Sumpfschildkröte (*Emys europaea*). Intern. Monatsschrift f. Anat. u. Physiol. Bd. XXI. 1904.
- Quain's Elements of Anatomy.
- Rabl H.: Die Entwicklung und Struktur der Nebenniere bei den Vögeln. Arch. für mikr. Anat. Bd. 38. 189.
- Srdínko O. V.: O stavbě a vývinu nadledviny žab. (Ueber Bau und Entwicklung der Nebenniere des Frosches.) Rozpravy České Akademie II. tř. VII. roč. čís. 12. 1898.
- Příspěvek k poznání vývinu nadledviny u amfibií. (Beitrag zur Kenntnis über die Entwicklung der Nebenniere bei den Amphibien.) Ibidem II. tř. IX. roč. čís. 32. 1900.
- Bau und Entwicklung der Nebenniere bei Anuren. Anat. Anz. XVIII. B. 1900.
- Beiträge zur Kenntnis der Nebenniere der Knochenfische. Ueber Bau und Entwicklung der Stannius'schen Körperchen der Lophobranchier. Archiv für mikr. Anat. Bd. 62. 1903.

- Srdínko O. V.: Příspěvek k otázce sinusoidů (Beitrag zur Sinusoidenfrage). Časopis českých lékařů. 1905.
- Eine sichere Methode zur Differenzierung der Rinden und Markelemente in der Nebenniere, besonders bei Säugetieren und Menschen. Anat. Anz. XXVI. B. 1905.
- O oběhu krevním v nadledvině obratlovců. (Ueber die Blutcirculation in der Nebenniere der Wirbeltiere.) I.—IV. Rozpravy české akademie II. tř. roč. XIV. čís. 12, 16, 28, 39. 1905.

EXPLICATIONS DES FIGURES.

PL. I.

Fig. 1. Coupe d'un corpuscule de Stannius. (Salmo) *v* = veine, *a* = artère, *St* = corpuscule de Stannius. Reichert ocul. 4., obj. 4.

Fig. 2. Fragment pris sur la fig. 1 et grossi. Reichert oc. 4., obj. 8^a.

Fig. 3. Coupe transversale de la capsule surrénale d'une grenouille adulte. (*Rana tempor.*) *n* = capsule surrénale, *k* = éléments corticaux, *m* = éléments médullaires, *v* = vena cava, *l* = canalicules du rein, *p* = capsule, *si* = sinusoïde. Reichert oc. 4., obj. 4.

Fig. 4. Coupe transversale de la capsule surrénale de *Rana temp.* La veine communique avec les cavités du corps surrénal. *n* = trabécules du corps surrénal, *d* = cavités sinusoïdales avec le sang, *v* = vena revehens, *a* = artère, *l* = canalicules du rein. Reichert oc. 3., obj. 4.

Fig. 5. Fragment d'une trabécule du corps surrénal de *Rana temp.*; *si* = sinusoïde, *e* = nucléus de l'endothèle, *b* = cellules du corps surrénal. Reichert oc. 4. homog. imm. $\frac{1}{12}$.

Fig. 6. Fragment d'une coupe transversale du corps surrénal de *Testudo graeca*. *k* = trabécules corticales, *m* = groupes médullaires, *a* = artère, *v* = veine, *si* = cavités sinusoïdales. Reichert oc. 4., obj. 4.

Fig. 7. Fragment d'une coupe transversale du corps surrénal du pigeon. *v* = veine, *si* = fentes et cavités sinusoïdales. Reichert oc. 4., obj. 4.

PL. II.

Fig. 1. Corps surrénal d'un jeune chat, injecté par la veine suprarénale. Reichert oc. 2, obj. 3.

Fig. 2. Corps surrénal du chien, injecté par la veine suprarén. Reconstruction schématique. Reichert oc. 2., obj. 2.

Fig. 3. Corps surrénal du chien. Passage de la zone réticulaire à la substance médullaire, avec vaisseaux injectés. Reichert oc. 3., obj. 6.

PL. III.

Fig. 4. Corps surrénal du chien. Coupe prise au travers de la capsule de la substance corticale, et de la partie médullaire avec l'artère perforans. Reichert oc. 3., obj. 4.

Fig. 5. Corps surrénal de l'écureuil. Fragment de coupe prise au travers de la substance médullaire et de la zone réticulaire, avec les vaisseaux et les cavités sinusoïdales. Reichert oc. 3., obj. 4.

Fig. 6. Corps surrénal du cobaye. Fragment de coupe passant par la substance médullaire et la zone réticulaire. Reichert oc. 3., obj. 4.

Fig. 7. Corps surrénal du porc. Fragment de coupe passant par la substance médullaire et par la zone réticulaire. Reichert oc. 3., obj. 6.

PL. IV.

Restauration demi-schématique des vaisseaux du corps surrénal du côté droit de l'homme. Figure grossie environ 7 fois. Artères teintées en rouges; veines teintées en bleu. La substance médullaire est désignée par une teinte foncée et par des points

PL. V.

Fig. 1. Corps surrénal de l'homme adulte. Coupe longitudinale de la zone fasciculaire. (Reichert oc. 4., hom. imm. $\frac{1}{12}$.)

Fig. 2. Corps surrénal de l'homme. Fragment d'une coupe transversale passant par la zone fasciculaire et montrant les vaisseaux injectés. Reichert oc. 3., obj. 4.

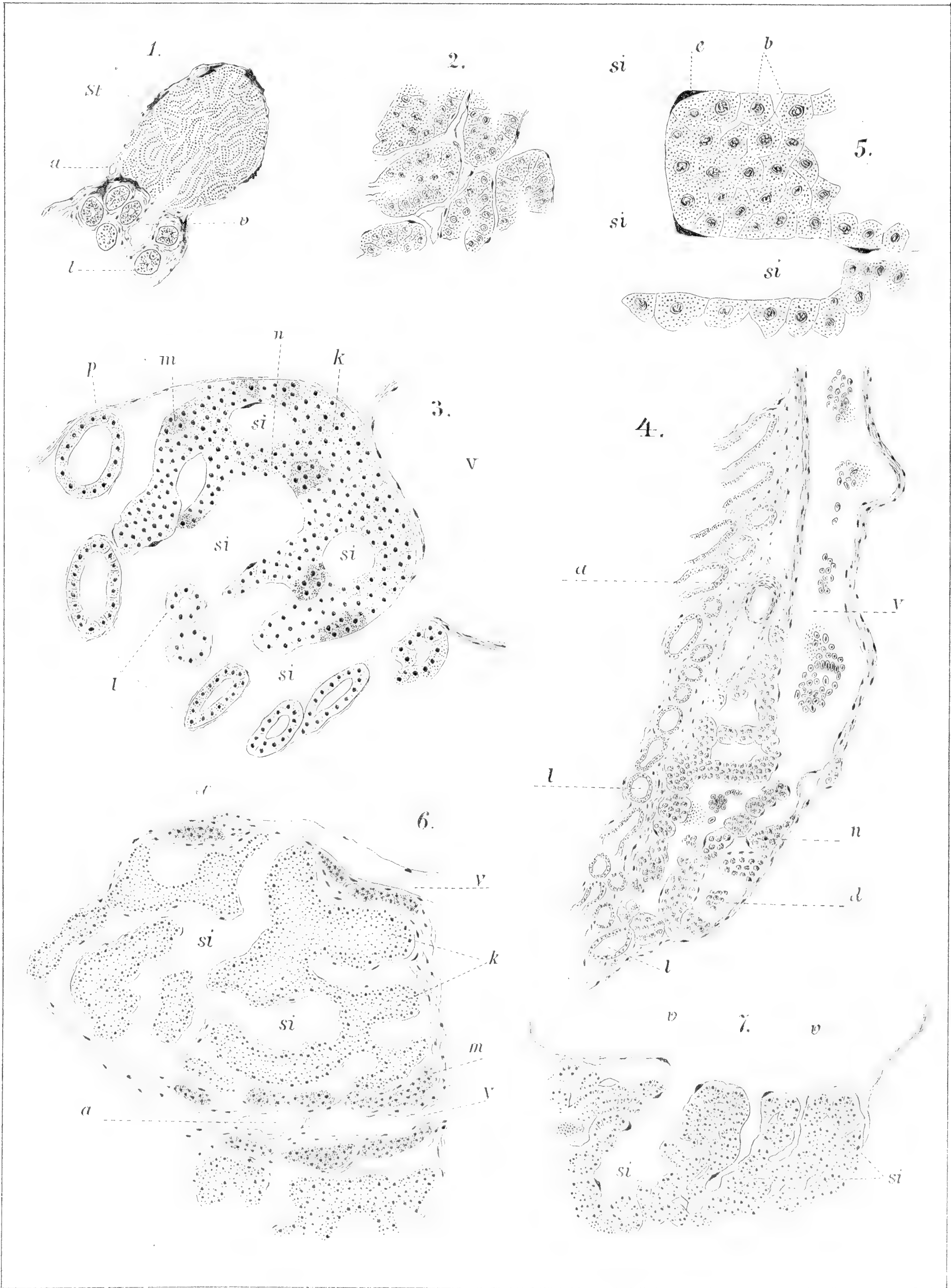
Fig. 3. Corps surrénal de l'homme adulte. Voies sanguines, venant de la zone fasciculaire et passant dans la zone réticulaire, et de cette dernière dans la substance médullaire. Reichert oc. 3., obj. 4.

Fig. 4. Corps surrénal de l'homme adulte. Groupe de cellules ganglionnaires avec de nombreux tissus fibrillaires et le nerf. Reichert oc. 3., obj. 6.

Fig. 5. Fragment d'une coupe du corps surrénal de l'homme adulte. Faible grossissement. Cette coupe montre 13 corpuscules accessoires de dimensions différentes.

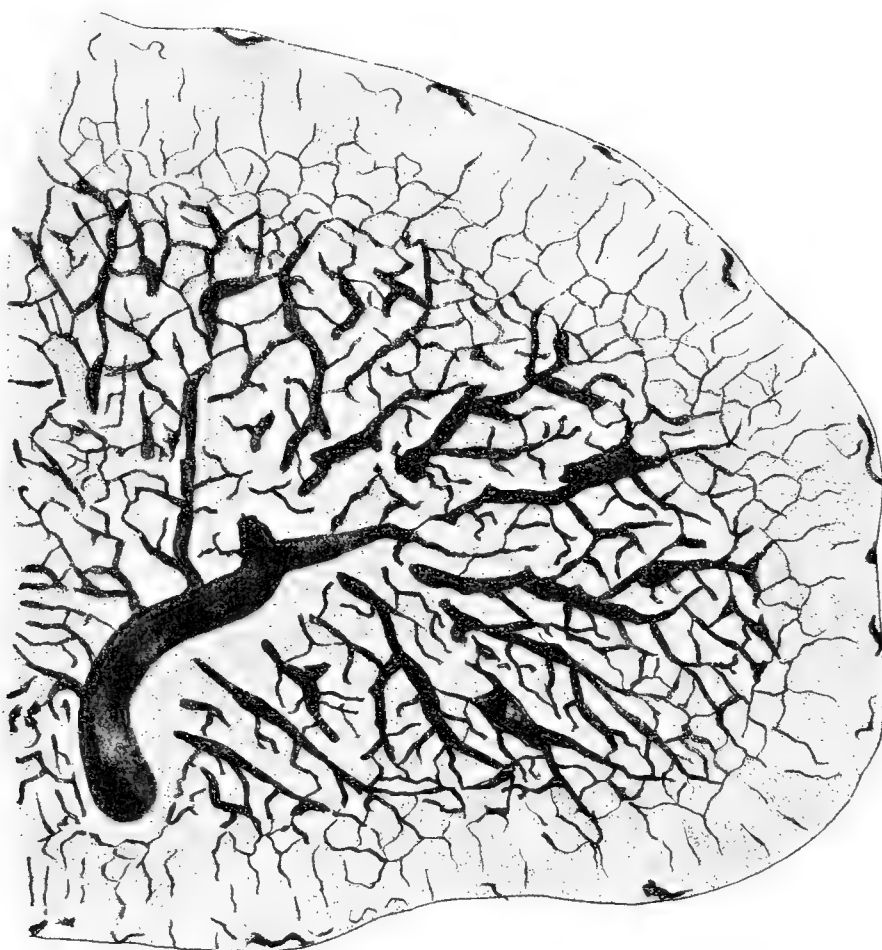
Fig. 6. Corps surrénal accessoire de l'homme, avec vaisseaux injectés. Reichert oc. 3., obj. 4.

Fig. 7. Corps surrénal de l'homme. Particules de substance corticale, se trouvant dans la substance médullaire. Reichert oc. 3., obj. 4.

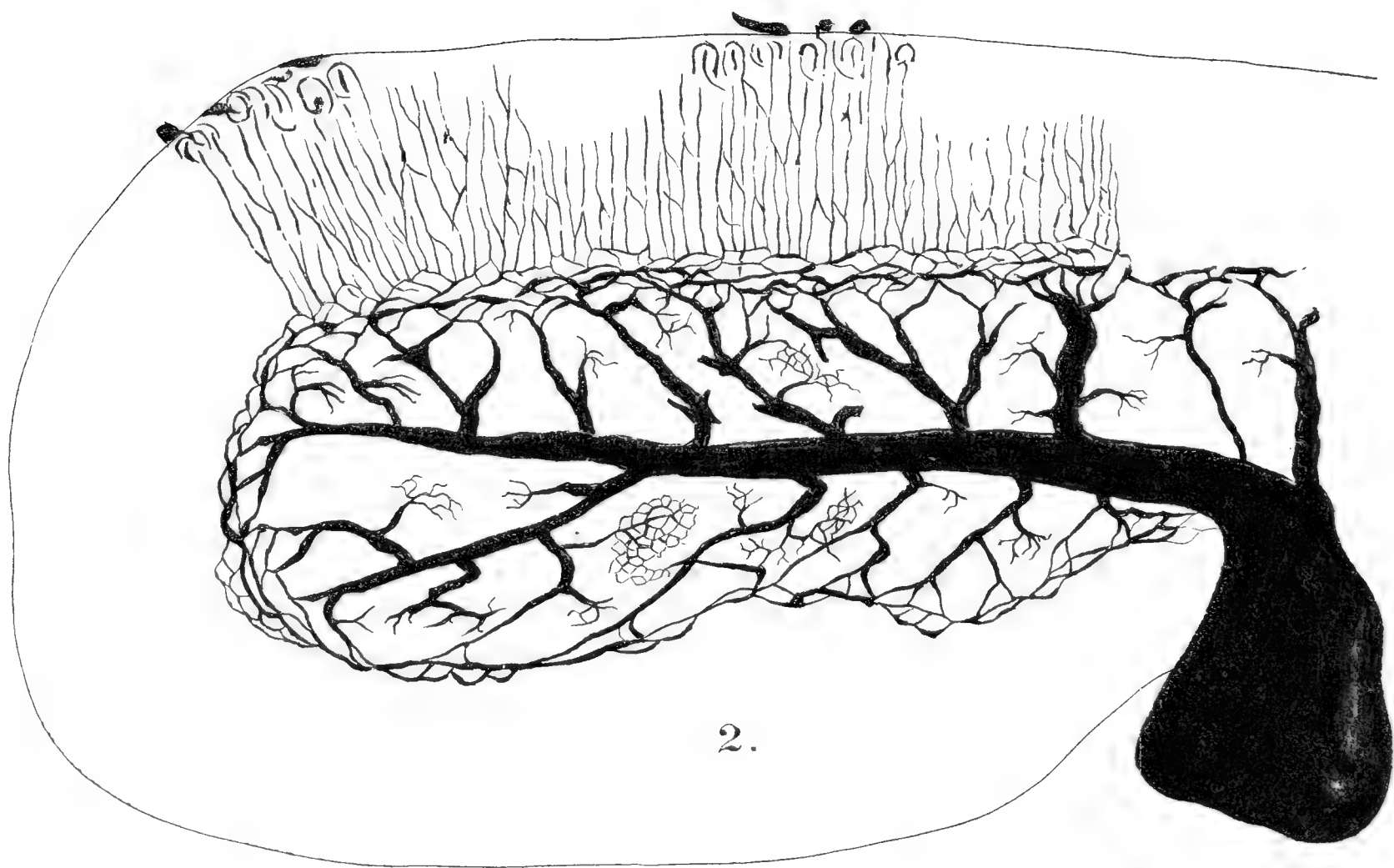


D^r Srdínko aut. nat. del.

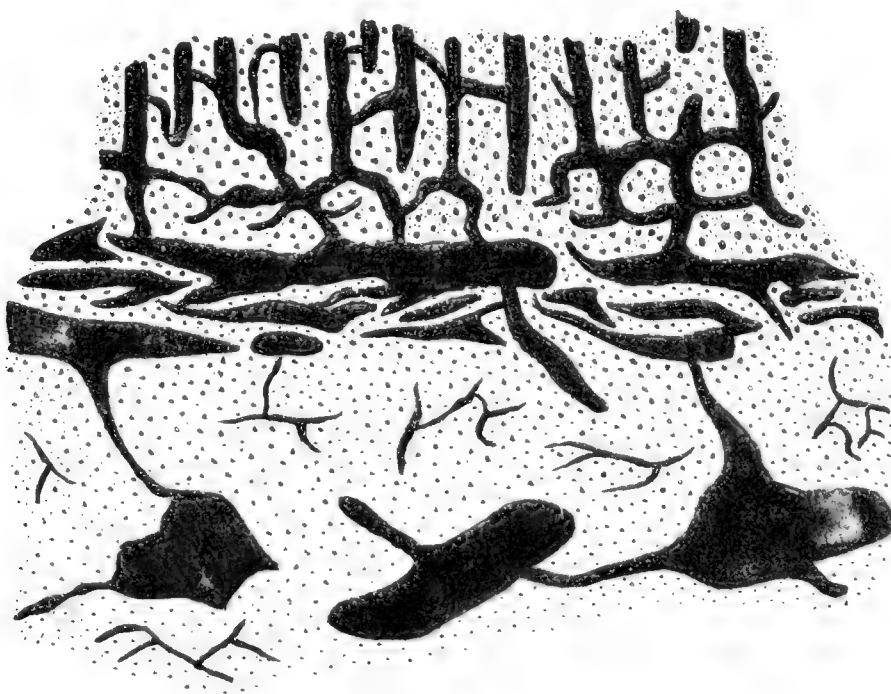
1.

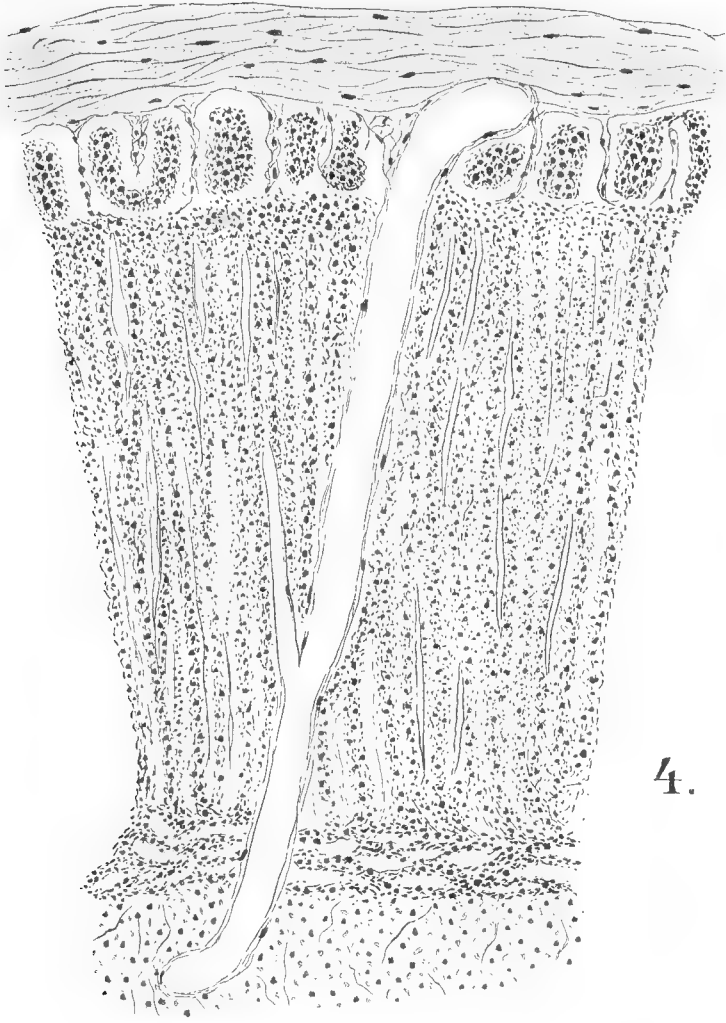


2.

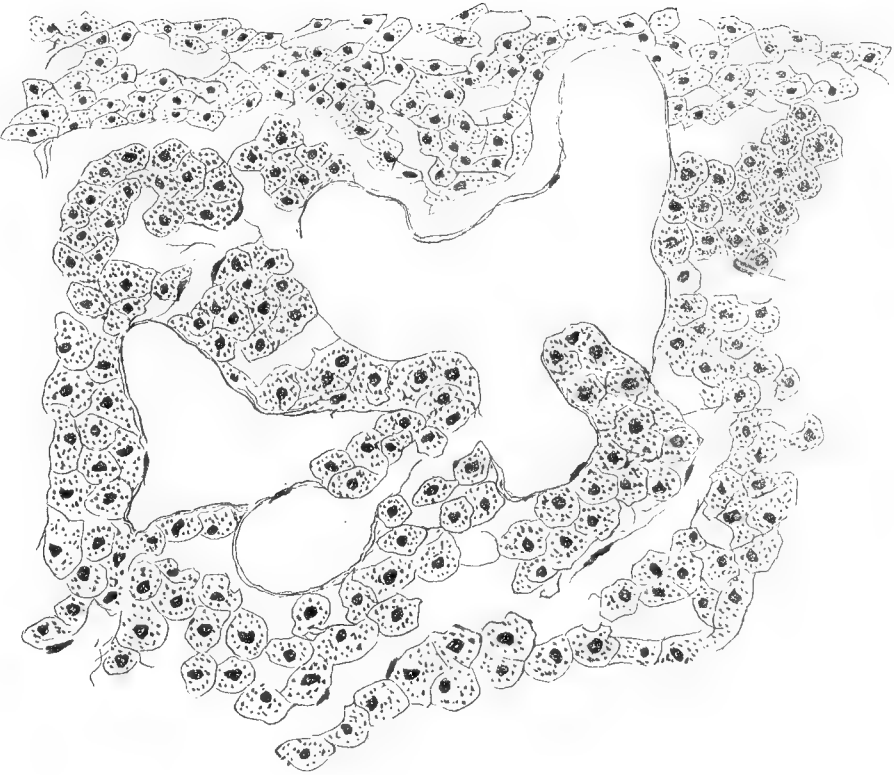


3.

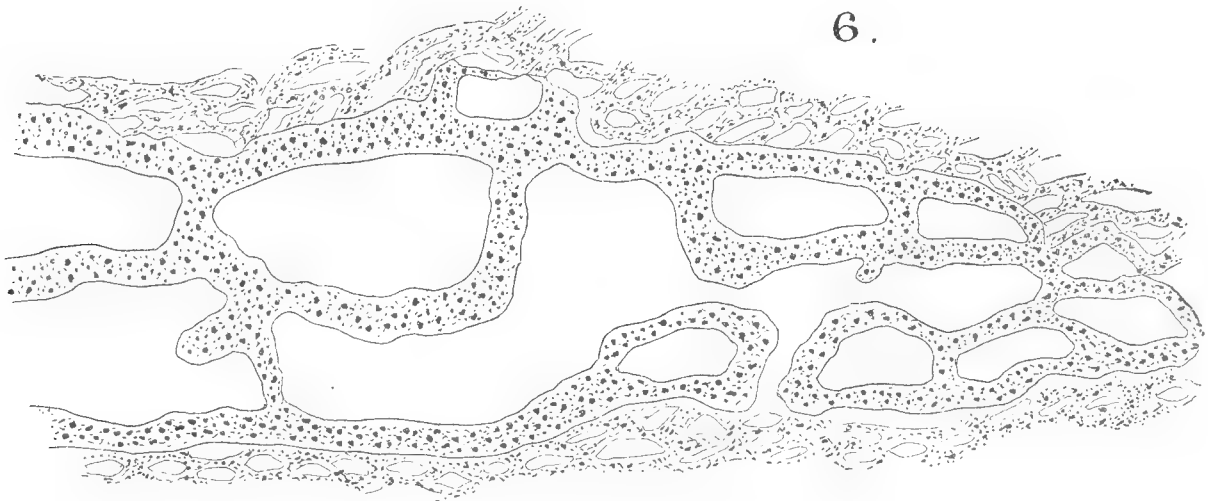




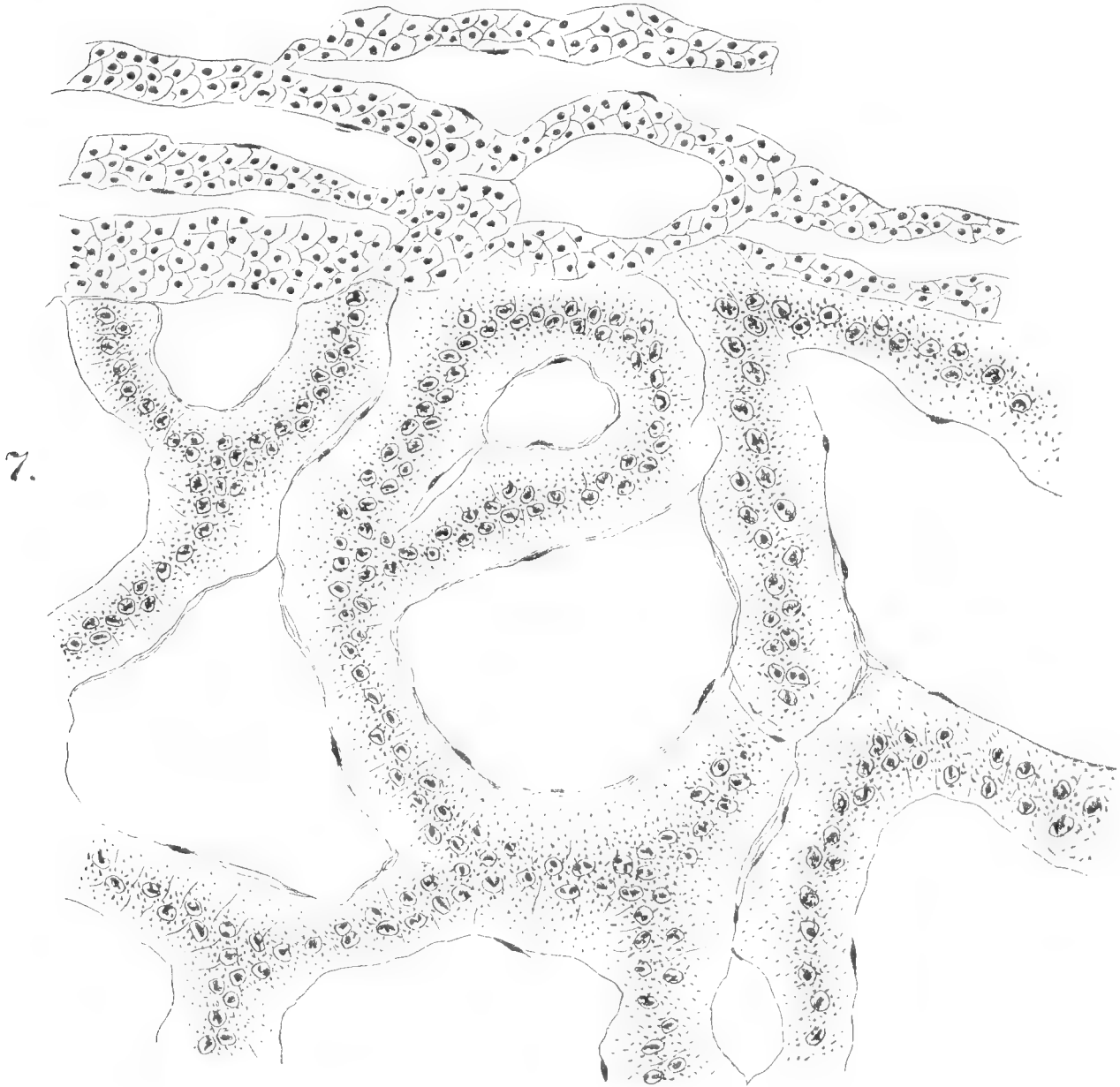
4.



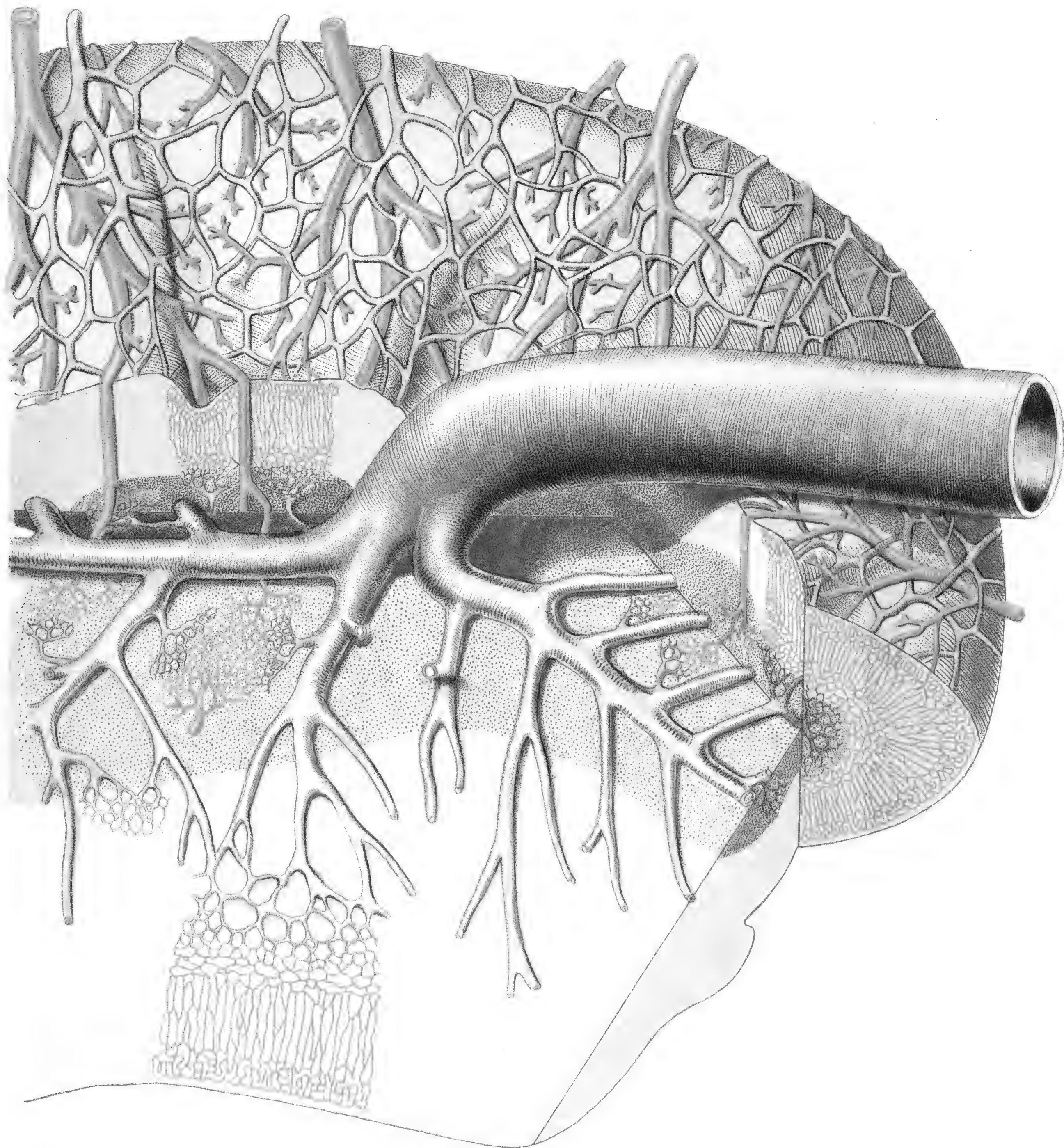
5.



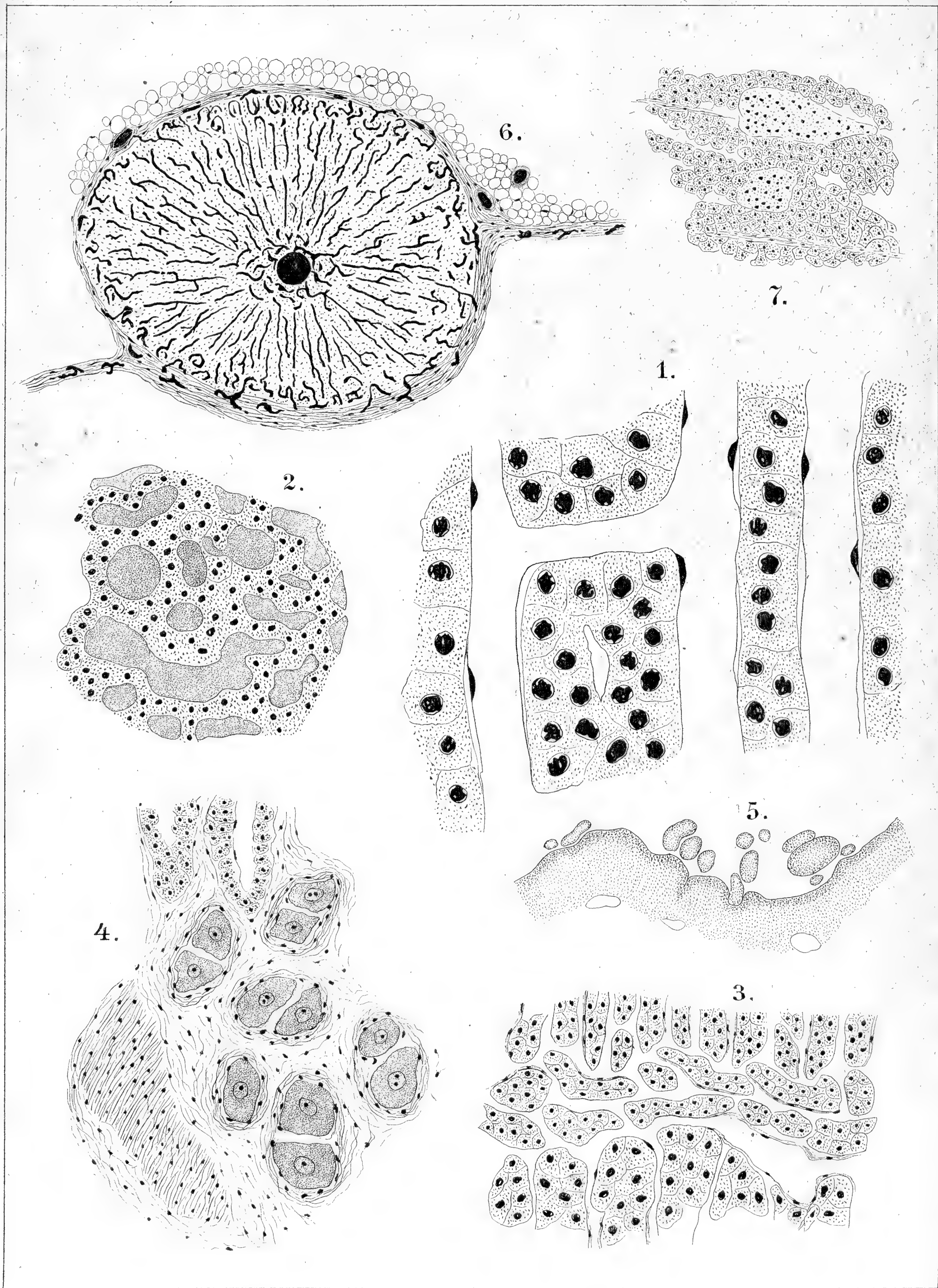
6.

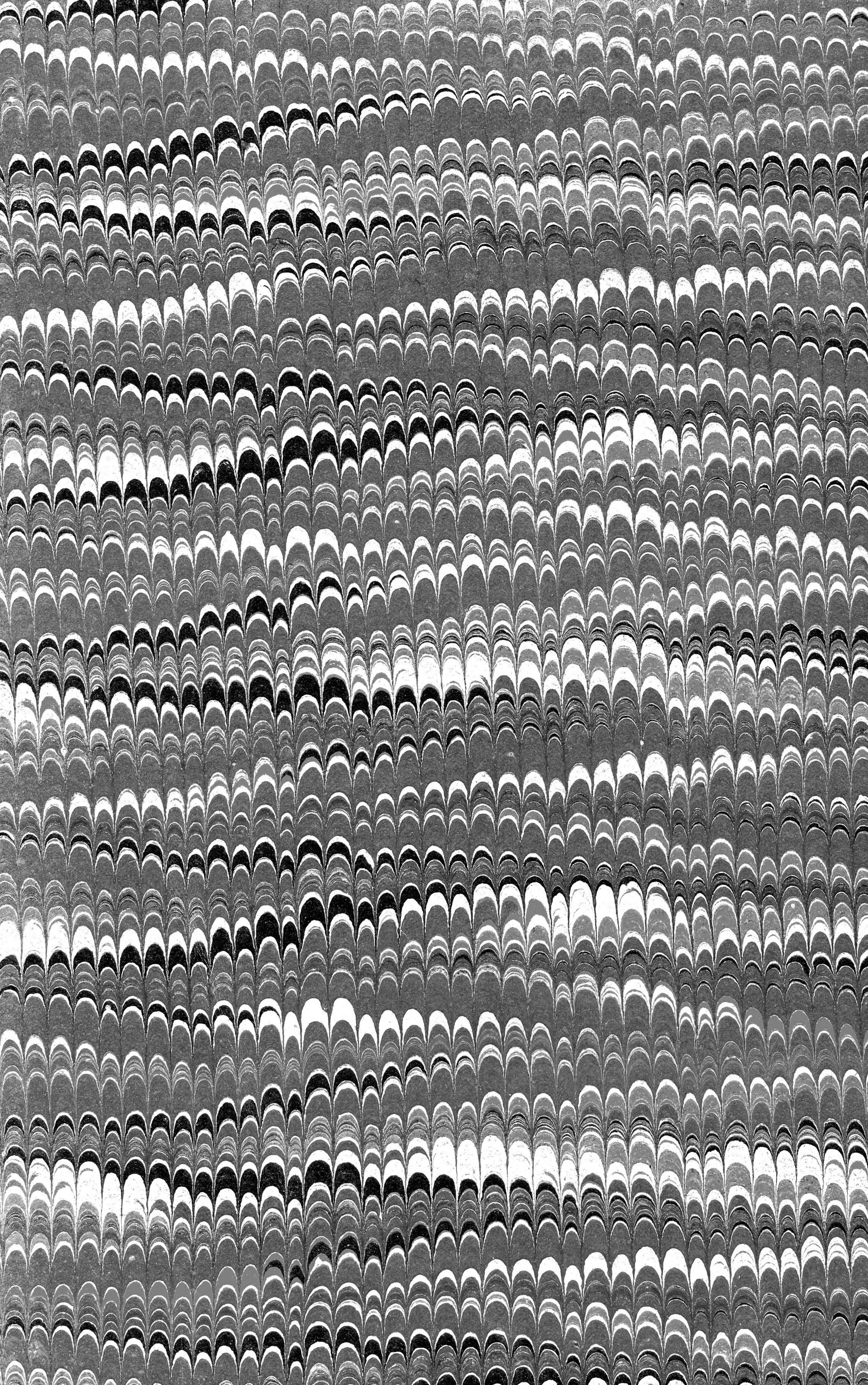


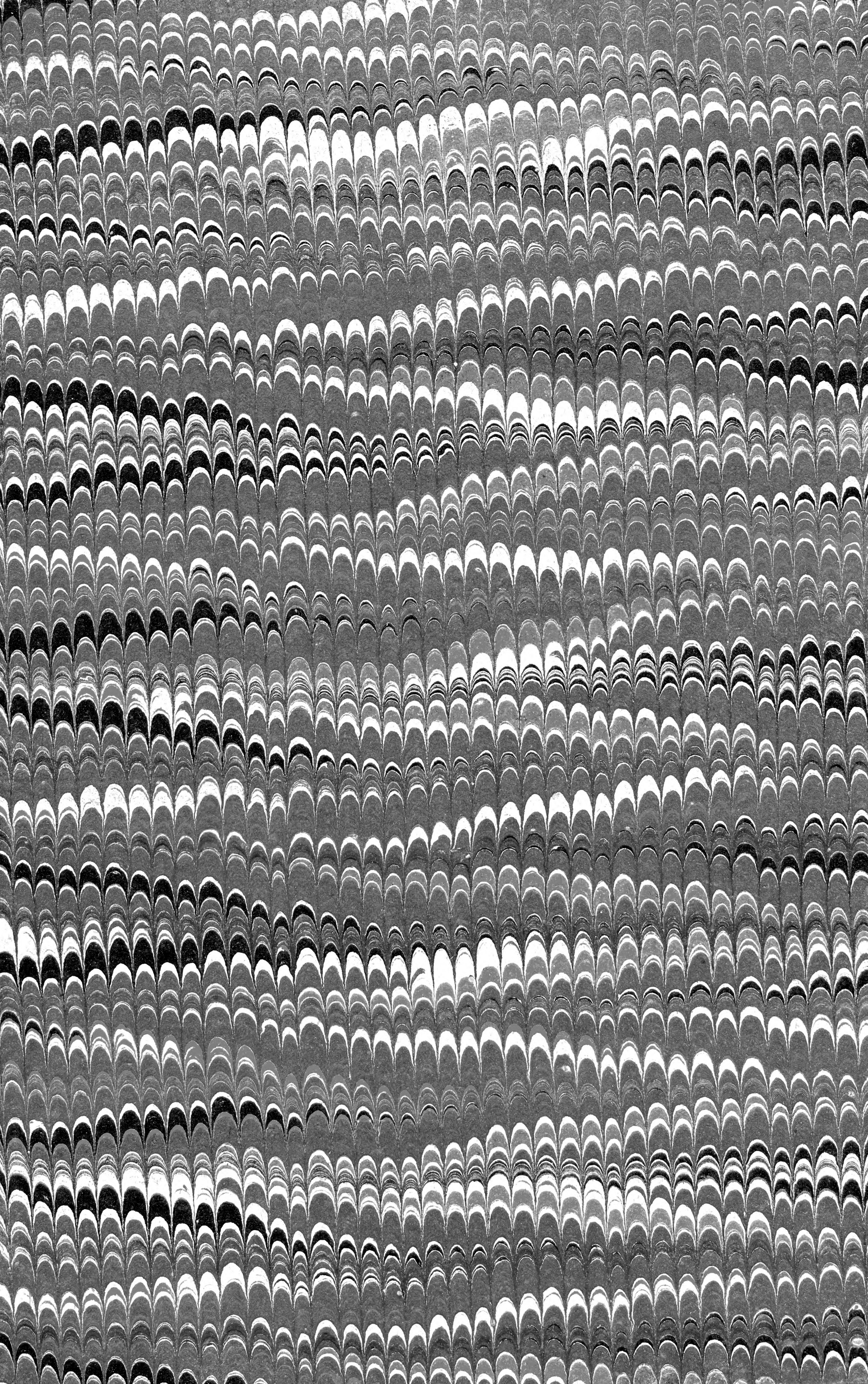
7.



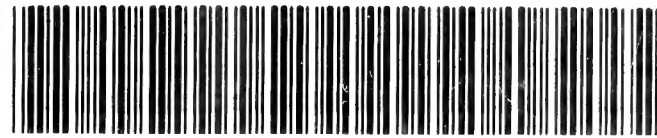
D^r Srdínko ač nat. del.







SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES



3 9088 01298 3672